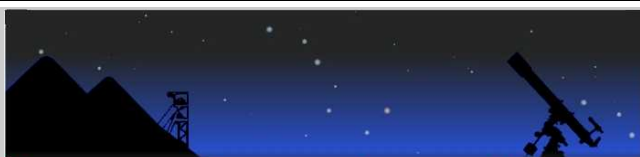


la porte des étoiles

le journal des astronomes amateurs du nord de la France





Groupement d'Astronomes Amateurs Courriérois

la porte des étoiles

le journal des astronomes amateurs du nord de la France

Groupement d'Astronomes Amateurs Courriérois

Adresse postale

Groupement d'Astronomes Amateurs Courriérois
Simon Lericque
12 lotissement des Flandres
62128 WANCOURT

Site Internet

<http://astrogaac.free.fr>

Téléphone

06 88 95 91 11

E-mail

simon.lericque@wanadoo.fr

Les auteurs de ce numéro

Arnaud Agache – Membre du GAAC
Email : arnaud.agache@laposte.net

David Réant – Membre du GAAC
Email : david.reant@sncf.fr

Michel Pruvost – Membre du GAAC
Email : jemifredoli@wanadoo.fr
Site : <http://cielaucrayon.pagesperso-orange.fr>

Simon Lericque – Membre du G.A.A.C.
Email : simon.lericque@wanadoo.fr
Site : <http://lericque.simon.free.fr>

Logiciels utilisés

Stellarium : <http://www.stellarium.org>
Cartes du Ciel : <http://astrosurf.com/astropec>

Conception et mise en page

Simon Lericque

Relecture et corrections

Laurent Olivier

Edition numérique sous Licence Creative Commons



En couverture...

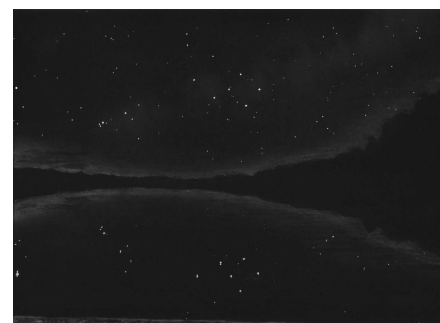
La nuit sur les étangs de la Collancelle

Auteur : Michel Pruvost

Date : 7 avril 2011

Lieu : La Collancelle (58)

Matériel : Dessin à l'oeil nu



Edito

C'est pour des moments comme celui-là que l'on a choisi l'astronomie et que l'on parcourt parfois des kilomètres et des kilomètres. C'est pour des moments comme celui là que chaque soir l'on scrute le ciel et surtout les nuages, pour savoir s'ils vont enfin nous offrir quelque répit... Lorsqu'il arrive enfin : trois heures du matin par une nuit d'avril, dans un coin perdu du nivernais, nous voilà sur une digue au bord des eaux calmes des étangs de Vaux, sans aucune lumière autour hormis celle de milliers d'étoiles scintillantes... L'horizon finit par disparaître. Des étoiles au-dessus, des étoiles en-dessous, des étoiles partout...

Le Groupement d'Astronomes Amateurs Courriérois

Sommaire

- 3....Des représentations célestes d'antan aux planétariums d'aujourd'hui
par Simon Lericque
- 11.....La théorie des cordes et le rêve d'unification d'Einstein
par David Réant
- 15.....Epsilon Aurigae : l'étoile mystérieuse
par Arnaud Agache
- 18.....Histoire d'étoile : Fomalhaut
par Michel Pruvost
- 20.....Sous les étoiles du Nivernais
par Simon Lericque
- 24.....Elenin, une comète à surveiller
par Simon Lericque
- 25.....Ephémérides
par Simon Lericque
- 28.....Galerie d'images
Collectif

Des représentations célestes d'antan aux planétariums d'aujourd'hui

par Simon Lericque

D'abord l'espace...

Il semble que depuis des lunes, l'Homme ait cherché à représenter les configurations, les mouvements et les astres qui trônaient au dessus de lui. Ainsi, durant l'Antiquité, certains savants ont commencé à observer et à modéliser le ciel nocturne. La vision de l'Univers en ces époques lointaines était bien différente de celle qui nous est proposée dans les planétariums modernes. D'ailleurs, à l'origine, on cherchait avant tout à expliquer et à décrire les mouvements de la Lune et des planètes. Les étoiles, bien que représentées, n'étaient là en somme que pour la décoration. Si aucun instrument n'a pu résister au temps et perdurer jusqu'à nos jours, nous disposons cependant de quelques traces écrites détaillant ces engins d'un autre temps.

Des manuscrits antiques rédigés vers 250 avant J.C. font mention d'un mécanisme créé par Archimède de Syracuse (-287 - -212). Il s'agit d'un outil simulant les mouvements du Soleil, de la Lune, ainsi que de cinq planètes connues à cette époque : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Le système, comme souvent à cette époque, était animé par un léger filet d'eau. Basé essentiellement sur des calculs mathématiques, il était semble-t-il si précis qu'il pouvait prédire les éclipses lunaires et solaires. Hélas, la description détaillée du mécanisme par son concepteur n'a pas été retrouvée. Cependant, en 1900, au large de l'île grecque d'Anticythère, des pêcheurs ont découvert dans une épave de bateau un instrument très particulier. Sur le plus gros fragment de l'objet apparaissent des termes relatifs à l'astronomie tels "Vénus", "Mercure" ou "Zodiaque". Désignée depuis sous le nom de Machine d'Anticythère, il s'agit probablement d'un instrument astronomique fondé sur l'arithmétique babylonienne. Datée, l'épave est plus ancienne que l'an -100, ce qui pourrait coïncider avec une période contemporaine d'Archimède de Syracuse, voir de l'un de ces nombreux disciples ou héritiers. Le mécanisme d'Anticythère est actuellement toujours une énigme. Comment un outil si complexe et si précis a pu voir le jour il y a plus de 2000 ans ?



Principal fragment de la machine d'Anticythère



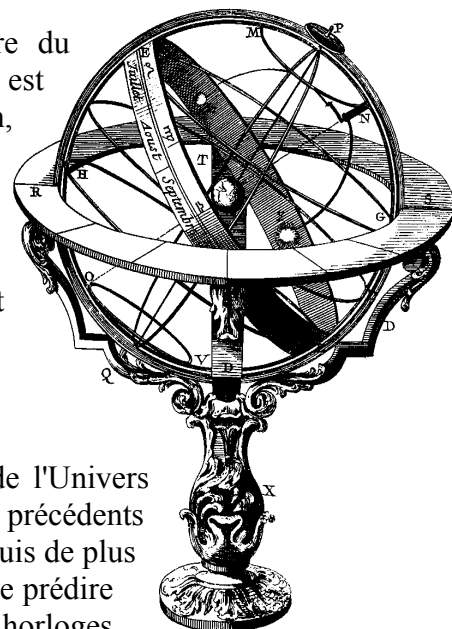
un astrolabe

Si les hommes ont toujours voulu représenter les étoiles (cf l'article d'Olivier Sailly : "le disque de Nebra" – Porte des Etoiles n°5), la plus ancienne tentative de retranscription exacte du ciel proprement dit et surtout de ses mouvements, serait également à mettre au crédit d'Archimède. Les sources divergent au sujet de ce dispositif conçu par le scientifique grec : tantôt une simple sphère étoilée, tantôt un ensemble plus complexe où des planètes se déplaçaient grâce à un ingénieux système utilisant l'eau. De rares témoignages attestent de l'existence de ce "planétarium". D'autres machines similaires ont probablement vu le jour, mais les informations les concernant sont souvent maigres. Toutes les sources décrivent ces instruments comme des objets décoratifs, quasi artistiques, n'ayant a priori pas de vocation pédagogique.

Les plus connus de ces objets antiques sont évidemment l'astrolabe et la sphère armillaire. Le premier est un instrument offrant diverses applications. On peut l'utiliser pour mesurer l'angle, donc la hauteur d'une étoile par rapport à l'horizon, pour

définir précisément la position de corps célestes ou déterminer le temps à une latitude établie. Il permet également de montrer l'évolution quotidienne et annuelle du ciel. Constitué de plusieurs disques, le principal indique les coordonnées tandis que les autres permettent de représenter le ciel pour une latitude et une heure données.

La sphère armillaire, quant à elle, constitue à bien des égards l'ancêtre du planétarium. Du latin "armilla", qui signifie "bracelet", la sphère armillaire est composée d'une multitude d'anneaux entrelacés représentant l'horizon, l'équateur céleste ou l'écliptique. Puis, avec l'amélioration des connaissances, figureront également la position et les orbites des planètes. C'est, en quelque sorte, un outil associant les applications d'un globe à celles d'un astrolabe. D'abord réservée à l'observation, la sphère armillaire s'est mue, à partir du XVII^{ème} siècle, en un outil indispensable à l'enseignement théorique de l'astronomie.



une sphère armillaire

...puis le temps

Outre l'observation, un autre élément est venu compléter la connaissance de l'Univers astronomique qui nous entoure : le temps ! C'est en utilisant les instruments précédents que les mouvements des astres, répétitifs, basés donc sur des périodes, ont acquis de plus en plus d'importance. Il convenait donc de se familiariser avec le temps afin de prédire les déplacements des astres. De cette exigence sont nées les premières horloges astronomiques.

Celle de Richard de Wallingford (1292-1336) est probablement la pièce d'horlogerie la plus sophistiquée jamais conçue. Elle indiquait, entre autres, la durée du jour, de la nuit, les éclipses lunaires, et le mouvement de certaines planètes. C'est dans son traité intitulé "Tractatus Horlogii Astronomici", publié en 1327, que ce mathématicien décrit le laborieux travail entrepris pour la réalisation de l'horloge. Il travailla ainsi plus de dix ans sur ce projet mais mourut avant de le terminer. Ce n'est que 20 ans après sa mort que William de Walsham acheva l'horloge, qui disparut hélas en 1546 en même temps que l'Abbaye d'Alban qui l'abritait. Plus récemment, en 1965, on a découvert des notes manuscrites de Wallingford au fond d'un tiroir de la bibliothèque Bodleian, à l'Université d'Oxford en Angleterre. Les textes traduits, on s'aperçut rapidement qu'ils faisaient référence à la fameuse horloge astronomique. A l'aide de ces notes sorties de l'oubli, quelques passionnés ont confectionné une réplique, désormais exposée au musée Wallingford près d'Oxford. Une autre copie se trouve à l'intérieur de la Cathédrale de Saint-Albans, à l'endroit même où l'originale vit le jour.

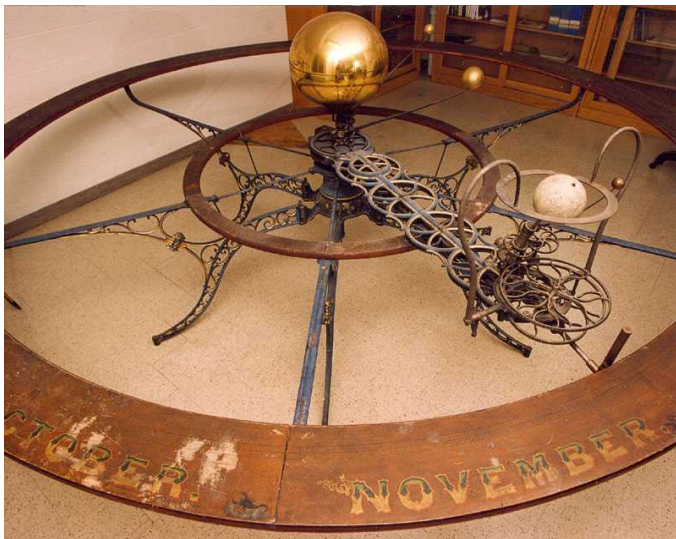


la réplique de l'horloge de Wallingford



le mécanisme de Huygens

Il fallait un dispositif ingénieux pour le premier planétaire développé en 1682. Le physicien hollandais Christian Huygens (1629-1695) s'est basé sur la période de révolution de chaque planète du Système solaire pour établir la taille et le nombre de dents du rouage qui l'entraînait. Par exemple, il fallait une roue à 7 dents pour la Terre tandis que 206 étaient nécessaires pour Saturne, rendant ainsi son mouvement beaucoup plus lent que celui de notre planète... Logique ! Le mécanisme élaboré par Huygens était quasiment parfait : ce n'est qu'après 1346 révolutions de la Terre autour du centre du planétaire que le premier décalage était observé et que les positions des planètes les unes par rapport aux autres n'étaient plus totalement exactes. Le mécanisme de Huygens est longtemps resté le planétaire le plus fonctionnel et surtout le plus fiable.



un planétaire

est qu'il fonctionne en temps réel. Ainsi, la représentation de Saturne mettra 29 ans pour effectuer un tour complet. Aujourd'hui encore, on peut se baser sur les positions des astres sur le planétaire pour connaître exactement où ils se situent dans le Système solaire.

Plus tard, au début du XVIIIème siècle, l'horloger britannique George Graham conçut un instrument complexe baptisé "planétaire". Ce mécanisme élaboré avec une extrême méticulosité présentait le mouvement des planètes, et parfois celui de leurs satellites naturels, dans leur ronde autour du Soleil.

Le plus célèbre planétaire demeure sans doute celui conçu par Eise Eisinga (1744-1781). Au plafond de l'une des pièces de sa maison de Franeker aux Pays-Bas, cet astronome amateur a bâti un magnifique planétaire afin de prouver à la population locale que les peurs et les angoisses engendrées par un rapprochement planétaire en 1774 étaient totalement infondées car il s'agissait tout simplement d'un hasard de la mécanique céleste. La grande particularité du planétaire d'Eisinga

Les ancêtres du planétarium

Les véritables ancêtres des planétariums tels que nous les connaissons aujourd'hui sont des sphères qui constituèrent les premiers lieux consacrés à la transmission du savoir astronomique. Elles pouvaient accueillir un nombre limité de visiteurs, une dizaine tout au plus. On est encore loin des plus grandes salles actuelles.

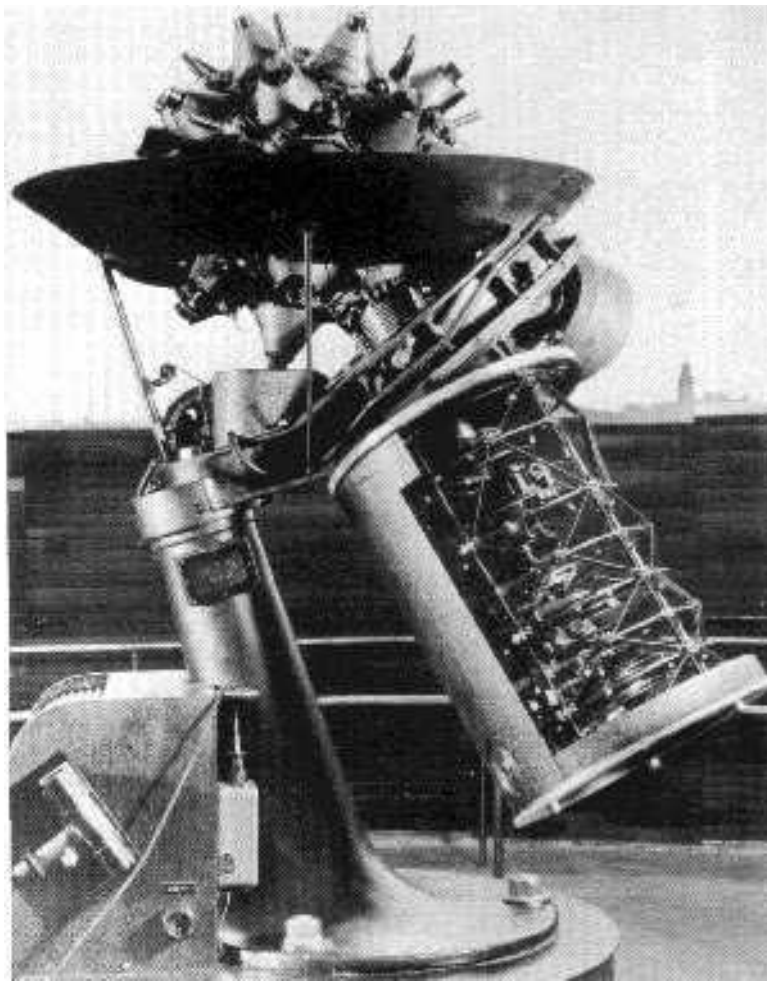
Conçu entre 1654 et 1664 à la demande de Frederick III (1597-1659), le Duc de Holstein-Gottorp au nord de l'Allemagne, le globe de Gottorp est une sphère creuse de 3.1 mètres de diamètre destinée à accueillir une dizaine de personnes. Sur la face extérieure, on pouvait voir les continents terrestres, tandis que l'intérieur était orné de figures mythologiques, de constellations et de quelques étoiles remarquables. Doté d'un système hydraulique (à partir d'un moulin à eau), le globe était mobile, simulant la rotation de notre planète sur son axe. Une fois achevé,

le globe fut installé dans "la Maison du Globe", au milieu du jardin du Duc. Il avait pour vocation principale de divertir les invités. Suite à diverses alliances politico-monarchiques, le globe se retrouva à Saint-Petersbourg en 1717. Il fut quasiment détruit lors d'un incendie en 1747, mais la Tsarine Elisabeth réclama sa restauration immédiate et une mise à jour des cartes géographiques. Il connut deux nouveaux voyages durant la Seconde Guerre Mondiale. Confisqué et ramené à Gottorp par les troupes allemandes, le globe, acquis par un britannique à la fin du conflit, reprit le chemin du musée Kunstkammer de Saint-Petersbourg, où il demeure toujours aujourd'hui. Pour pallier cette perte, en Allemagne, des associations de passionnés sont parvenues à réunir les fonds nécessaires à la construction d'une réplique du globe de Gottorp. Mais, cette fois, le bois a été remplacé par de l'acier, le système hydraulique par un mécanisme électrique et l'éclairage est désormais assuré par des lampes plus modernes. La réplique est installée au château Gottorp, là même où fut exposée pour la première fois la fameuse sphère.



le globe de Gottorp

Élaboré en 1912, le Globe Atwood est la première reproduction moderne du ciel étoilé avec des planètes mobiles. Cette sphère creuse de 4.57 mètres de diamètre a été mise sur pied par Wallace Walter Atwood (1872-1949), un géographe américain. Elle était percée de 692 trous de tailles différentes, représentant 692 étoiles de magnitudes diverses. Un éclairage convenablement régulé à l'extérieur était indispensable pour rendre réaliste l'impression de ciel étoilé. Une ampoule mobile simulait la trajectoire du Soleil au fil des saisons. Le long de l'écliptique, de petits caches pouvaient être retirés si besoin et représentaient logiquement la position des planètes. Les phases de la Lune étaient reproduites grâce à deux disques électriques, l'un couvrant l'autre, formant tour à tour, un croissant, un quartier, une Lune gibbeuse ou une pleine Lune. La sphère pouvait tourner le long de son équateur afin de restituer le défilement de la nuit. Dans le globe d'Atwood, une journée durait 8 minutes. Quinze personnes pouvaient pénétrer en même temps dans le globe mais aucune porte n'avait été prévue initialement. Afin de faire entrer le public, le pôle sud a tout simplement été sacrifié. Il faut dire qu'à l'époque de sa conception, il était peu courant d'aller admirer le ciel austral pour le plaisir. On orienta donc les



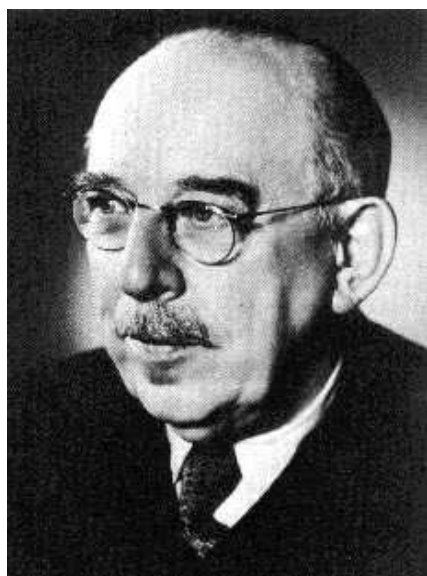
Le tout premier planétarium - le projecteur Mark I de 1923

explications vers les constellations boréales. On retrouve à l'extérieur du globe les tracés de tous les continents de notre planète : n'oublions pas qu'Atwood était géographe ! Ce globe, ancêtre des planétariums modernes, est aujourd'hui exposé au sein du Planétarium Adler de Chicago.

L'histoire du planétarium moderne sera à jamais liée à Oskar Von Miller (1855-1934) et Walther Bauersfeld (1879-1959). En 1913, alors que Miller fonde le Deutsches Museum dans sa ville natale de Munich, il cherche une attraction pour la section astronomique de son établissement. Il se tourne alors vers l'astronome Max Wolf (1863-1932) qui lui suggère de créer un spectacle montrant le ciel étoilé et ses mouvements. Il s'inspire grandement du globe d'Atwood mais l'imagine beaucoup plus grand et, cette fois-ci, avec une projection d'étoiles depuis l'intérieur de la salle. Miller va se rapprocher de la société Carl Zeiss d'Iena, un atelier d'optique et de mécanique de précision réputé. Son ingénieur en chef, Walther Bauersfeld, va ainsi élaborer le premier dôme géodésique constitué d'une multitude de triangles imbriqués les uns dans les autres, le tout formant une structure quasiment sphérique. Le développement du planétarium sera suspendu durant la Première Guerre Mondiale mais reprendra dès la fin du conflit. Le projecteur d'étoiles, lui, sera créé entre 1919 et 1923. Toutefois, le Deutsche Museum souhaite que la sphère ne tourne plus autour du public, mais que le projecteur d'étoiles soit désormais mobile. La société Zeiss va donc faire appel à des spécialistes en électricité et en mécanique de précision pour satisfaire ce cahier des charges. Après quatre années de travail, le tout premier planétarium "opto-mécanique", abrité sous un dôme de 16 mètres de diamètre, est érigé sur le toit d'un des bâtiments de la société d'Iena. Le ciel étoilé est ainsi recréé pour la première fois. Nous sommes en août 1923.



la construction du dôme du Deutsche Museum



Walther Bauersfeld

Deux mois plus tard, le simulateur astronomique part pour Munich où il sera installé temporairement sous un dôme de 10 mètres conçu spécialement à cet effet. Walther Bauersfeld officie pour la première fois comme "montreur d'étoiles" le 23 octobre 1923. Après quelques semaines d'exploitation, de tests et de démonstrations publiques, le planétarium réintègre les ateliers Carl Zeiss pour y être finalisé. Il regagnera définitivement Munich en mai 1925. Il fonctionnera jusqu'en 1960, date à laquelle il sera finalement remplacé par un modèle plus récent. Même s'il est toujours opérationnel, ce "Modèle-I" se trouve désormais dans un musée où il profite d'une retraite bien méritée.

Pour l'anecdote, il faut savoir que Walther Bauersfeld n'est pas l'inventeur du planétarium. C'est Wilhelm Finke (1884-1950) qui en 1919 en conçut le principe pour lequel il déposa même un brevet. Il contacta ainsi sept sociétés susceptibles de l'appuyer matériellement et financièrement parmi lesquelles on trouve Carl Zeiss... qui, évidemment, s'empresse de ne pas lui répondre. Malheureusement, Finke ne parvint jamais à trouver

d'associés. La suite de l'histoire est connue...

Le prototype de planétarium de la société Zeiss fut nommé a posteriori "Modèle-I". Après l'ouverture au public à Munich, les demandes affluèrent de toute l'Allemagne et la société d'Iena dut planifier plus sérieusement cette nouvelle filière de production. C'est ainsi que le "Mark-II" vit le jour dès 1926 en parallèle du Modèle-I". Le système se voulait polyvalent : n'ayant aucune contrainte de latitude, il pouvait projeter le ciel de n'importe quel endroit de la planète. Ce dispositif, en forme d'haltère, comprenait deux projecteurs : un pour le ciel austral, l'autre pour le ciel boréal. Chacune des sphères mesurait 75 centimètres. Le système était couplé à des projecteurs indépendants utilisés pour diffuser les planètes. C'est grâce à ce modèle que la firme Zeiss a pu asseoir sa notoriété puisque plusieurs copies ont ensuite été vendues à travers le monde, dont cinq aux Etats-Unis et deux au Japon.

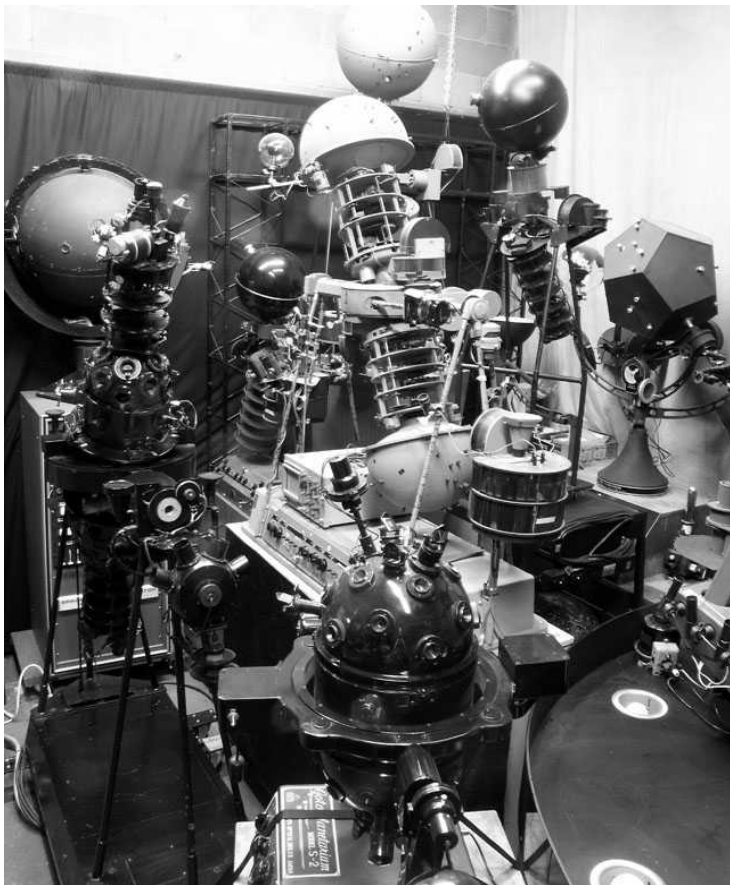


Max Adler (fondateur du planétarium de Chicago) en visite au Deutsche Museum avec Oskar Von Miller – © Planetarium Adler

De nombreuses villes désirèrent s'équiper rapidement d'un planétarium. Leipzig était la première sur les rangs mais, après de nombreuses tergiversations concernant le site d'implantation et la construction du dôme, elle se fit doubler par Barmen (Wuppertal). Le 18 mai 1926, c'est sous un dôme de 24.6 mètres que fut inauguré le second planétarium au monde, équipé du Mark-II en forme d'haltère. Deux jours plus tard, celui de Leipzig ouvrit finalement ses portes. Puis, le 23 mai 1926, ce fut au tour de celui de Dusseldorf : un modèle de 30 mètres de diamètre équipé temporairement de la première copie du Modèle-I. Ainsi, en l'espace d'une année, six nouveaux planétariums virent le jour en Allemagne...

La fin du monopole

Le monopole de Zeiss cessa en 1937 lorsque les frères John et Frank Korkosz développèrent un nouveau modèle de planétarium. Basé sur une sphère d'un mètre, il projetait 7150 étoiles dont la position était marquée sur 41 plaques s'imbriquant les unes dans les autres. Mis en service le 10 octobre 1937 à Springfield dans l'Etat du Massachussets, il fonctionne toujours aujourd'hui, faisant ainsi preuve d'une longévité inégalée. On estime qu'un million de visiteurs ont pu découvrir le ciel étoilé des frères Korkosz.



Différents types de projecteurs
 © <http://www.planetariummuseum.com/>

planétarium de Pékin, se lança à son tour dans l'aventure. En trois ans seulement, il élaborait un premier planétarium de taille modeste. C'est lors de l'exposition universelle d'Osaka en 1970 que furent présentés les premiers prototypes. Si leurs performances étaient quasiment identiques à celles de leurs homologues allemands, leurs prix de vente étaient dix fois moindres. En ouvrant peu à peu son marché, d'abord aux États-Unis, puis à l'Europe occidentale, mais aussi à l'Asie et à l'Afrique, Goto est devenu aujourd'hui le premier fabricant de planétariums au monde.

Un autre type de projecteur, se rapprochant davantage de certains utilisés aujourd'hui, fut imaginé par Armand Spitz (1904-1971). Sur les conseils d'un certain Albert Einstein, il conçut un dodécaèdre dont chaque face était percée, chacun des trous donnant une étoile. Ce système offrait l'avantage d'être plus facile à concevoir et bien moins coûteux à fabriquer. En 1949, il fonda la société Spitz et commercialisa son outil pour la modique somme de 500 dollars. La Guerre Froide aidant, le gouvernement américain soutint financièrement la société Spitz qui développa et améliora rapidement son prototype. Bon marché, les projecteurs Spitz se multiplièrent dans les musées, les écoles, les centres scientifiques et même... les académies militaires. Le modèle A3P deviendra d'ailleurs le modèle le plus vendu au monde. Ainsi, les États-Unis avaient rattrapé leur retard sur l'Est et la Société Zeiss située alors de l'autre côté du Rideau de Fer, en République Démocratique Allemande.

A la fin des années 1960, le Japon entra à son tour dans la course. Fondateur en 1926 d'une société d'optique et de fabrication de télescopes et lunettes astronomiques, Seizo Goto, impressionné par le

Vers une (r)évolution

Engagé notamment par la firme américaine Evans & Sutherland, le passage des planétariums à l'ère numérique a débuté dès 1983 avec l'installation du premier projecteur du genre, le Digistar I, à Salt Lake City. Ce type de système consiste à diffuser une vidéo en pleine voûte (full dome) sur l'écran du planétarium, soit à l'aide d'un seul projecteur équipé d'une optique fisheye (projection à 180°), soit par la combinaison de plusieurs projecteurs, chacun recréant une portion du ciel étoilé. Contrairement aux simulateurs opto-mécaniques diffusant uniquement des "points" sur l'écran et nulle autre lumière, les systèmes numériques projettent des étoiles parfois pixellisées en bord de champ et ne se révèlent pas capables de diffuser du noir, mais une pâle lueur qui donne un ciel grisâtre sur le dôme du planétarium. La perte de qualité est évidemment compensée par les possibilités infinies qu'apporte le numérique, aussi bien en termes esthétiques que pédagogiques. Cet outil n'a ainsi plus qu'une seule limite : l'imagination du planétariste. Aujourd'hui, la plupart des planétariums numériques disposent d'une salle orientée ressemblant fortement à une salle de conférence ou de cinéma et n'offrent plus une disposition circulaire, plus immersive, comme celle de certains planétariums plus anciens. Malgré tout, des systèmes dit "hybrides" commencent à faire leur apparition. Ils conservent un projecteur d'étoiles optique en l'associant à des dispositifs numériques.



le planétarium de Saint-Etienne © Simon Lericque

Et dans l'Hexagone ?

C'est en 1937, dans le cadre de l'Exposition Internationale de Paris, que la société Zeiss installa le premier planétarium français sur le cours Albert 1er près du Pont des Invalides. La coupole atteignait 22.5 mètres de diamètre et la salle abritait 370 sièges. L'inauguration eut lieu le 5 mai. Dès les premiers jours d'exploitation, le planétarium connut un succès indéniable. La fin de l'Exposition Internationale le 11 novembre suivant coïncida avec la fermeture du planétarium qui fut alors stocké dans le sous-sol du Conservatoire National des Arts et Métiers. Ce n'est qu'en 1951 que le Directeur du Palais de la Découverte, André Lévillé, songea à installer le planétarium dormant au sein de sa structure. Plusieurs mois de travaux furent nécessaires pour qu'il redevienne opérationnel. La seconde inauguration eut lieu le 27 juin 1952 en présence du Président de la République Vincent Auriol et la dernière séance se tint le 19 avril 1979. Le planétarium fonctionna ainsi 27 ans durant avant d'être remplacé par un nouveau système Zeiss plus moderne. Aujourd'hui en France et en Europe, ce sont une soixantaine de structures qui sont regroupées au sein de l'Association des Planétariums de Langue Française (APLF).

Dans notre belle région, il existe deux planétariums fixes : celui du Palais de l'Univers et des Sciences à Cappelle-la-Grande près de Dunkerque et celui du Forum des Sciences à Villeneuve d'Ascq en banlieue lilloise. Le premier vient d'opter pour un système numérique tandis que le second conserve toujours un dispositif opto-mécanique. Un troisième dôme, numérique, devrait voir le jour d'ici quelques années au sein de la Coupole, à Helfaut près de Saint-Omer. A cela, il convient d'ajouter les nombreux systèmes de projection et les planétariums mobiles utilisés par les clubs et associations astronomiques.

Concernant les fabricants de planétarium, la France n'est pas en reste grâce à la société RSA Cosmos, fondée il y a un peu plus de 20 ans. Avec sa gamme de cinq systèmes numériques et de trois systèmes opto-mécaniques, cette entreprise stéphannoise équipe aujourd'hui plus de 150 planétariums, fixes et mobiles, à travers le monde.



le planétarium du Palais de la Découverte



*le planétarium numérique du PLUS de Cappelle la Grande
© Simon Lericque*



*Mon "bureau" – le planétarium du Forum des Sciences de
Villeneuve d'Ascq - © Simon Lericque*

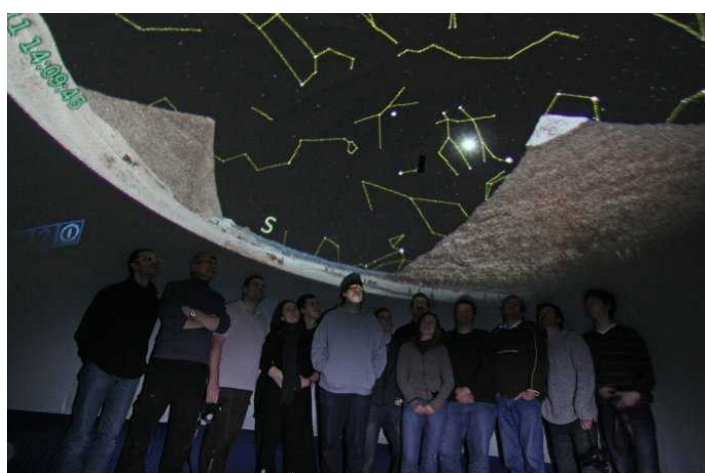
Pour les petites structures

Pour les structures plus modestes, tels les clubs et associations locales d'astronomie, il existe des solutions intéressantes à mettre en œuvre. Tout d'abord, le planétarium itinérant qui consiste le plus souvent en un dôme gonflable et un projecteur d'étoiles plus petit, mais finalement similaire aux systèmes opto-mécaniques et pour une qualité tout à fait acceptable. L'avantage évident de ce genre d'instrument est qu'il est, par définition, transportable. Le public potentiel devient alors bien plus important qu'avec un planétarium fixe puisque ce sont désormais les montreurs d'étoiles qui vont à la rencontre des curieux du ciel et non l'inverse.

Ensuite, il existe aussi les outils de type LSS (Lhoumeau Sky System) qui consistent à projeter en "full dome" via un objectif de type fish-eye, l'image d'un logiciel de cartographie (le plus souvent Stellarium ou Nightshade) sur une voûte située au dessus du système. Développé par une bande de passionnés, parmi lesquels il convient de citer Lionel Ruiz du planétarium de Marseille et Yves Lhoumeau du planétarium Bressan dans le sud-ouest, ce système se veut résolument tourné vers les petites structures qui pourront alors, avec un peu d'imagination et beaucoup de persévérance, rivaliser avec les structures professionnelles en réalisant des séances de planétarium complètes, esthétiques et pédagogiques. Là encore, il existe des systèmes LSS fixes et itinérants.



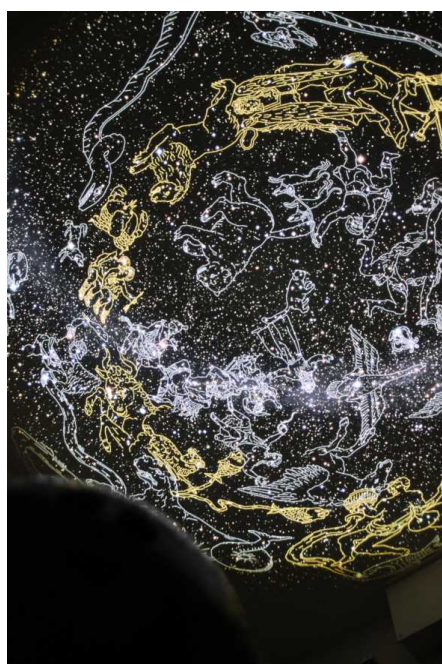
le planétarium LSS de Marseille – © Simon Lericque



Premiers essais du projecteur du GAAC - © Simon Lericque



*le Super Star Theater
© Reginald Balcerek*



*les représentations graphiques des
constellations sur le plafond
© Reginald Balcerek*

Et dans votre salon ?

On l'a vu avec le chapitre précédent, le planétarium se démocratise. Depuis quelques années sont apparus sur le marché des planétariums portatifs "de salon". Ces dispositifs à bas coût permettent de projeter sur le plafond de n'importe quelle pièce de votre domicile près de 10 000 étoiles (le nombre varie selon les modèles). Les différentes options souvent proposées comme le mouvement diurne, l'apparition d'étoiles filantes ou le tracé des principales constellations ne font pas de ces dispositifs des objets purement décoratifs. En effet, ils peuvent ainsi être utilisés par des associations ou des structures modestes, dans des écoles ou des centres de loisirs. Ils offrent l'avantage

d'être transportable et ne demandent qu'une prise de courant ou une paire de piles. Nous sommes encore aux prémices de ces planétariums individuels mais de nouveaux modèles apparaissent déjà, entièrement paramétrables et d'une qualité d'image croissante.

Les planétariums sont aujourd'hui partout : dans les grandes villes, au sein de clubs d'astronomie, sur votre ordinateur ou simplement dans votre salon. Excellent support de découverte et de vulgarisation à destination des plus jeunes, mais aussi des néophytes, ils peuvent également s'avérer un simple outil contemplatif. Malgré tout, il convient de garder en tête que le véritable ciel étoilé, celui de nos campagnes, sera encore plus à même d'illuminer nos rétines, de nous faire réfléchir et surtout de nous faire rêver...

Sources

La revue des planétariums et la revue du Palais de la Découverte

Planetarium Projector and Science Museum : <http://www.planetariummuseum.com/>

Planetarium club : <http://www.planetariumclub.org/>

Les systèmes de projection LSS : <http://www.lss-planetariums.info/>

La théorie des cordes et le rêve d'unification d'Einstein

par David Réant

La science serait-elle un édifice achevé ?

Toutes les découvertes majeures auraient-elles déjà été faites ? On peut en douter... Les deux principaux piliers de la physique du XXème siècle, la mécanique quantique et la théorie de la relativité générale, restent incompatibles. La relativité générale ne se plie pas aux lois quantiques qui décrivent le comportement des particules élémentaires, tandis que les trous noirs ne sont pas expliqués par la mécanique quantique. Cette dualité est la promesse d'une révolution scientifique. L'objet de cet article est de présenter de façon simple quelques développements récents de la physique théorique des "hautes énergies" qui ont conduit à envisager l'existence de "grandes" dimensions d'espace-temps supplémentaires afin de réconcilier les "sœurs ennemies" de la science moderne. Ce sujet peut paraître quelque peu éloigné de l'astronomie. Cependant l'existence de ces dimensions supplémentaires pourrait avoir des conséquences très importantes pour la compréhension des premiers instants de l'Univers, voire son évolution récente, et à finalement reconsidérer la cosmologie dans son ensemble.

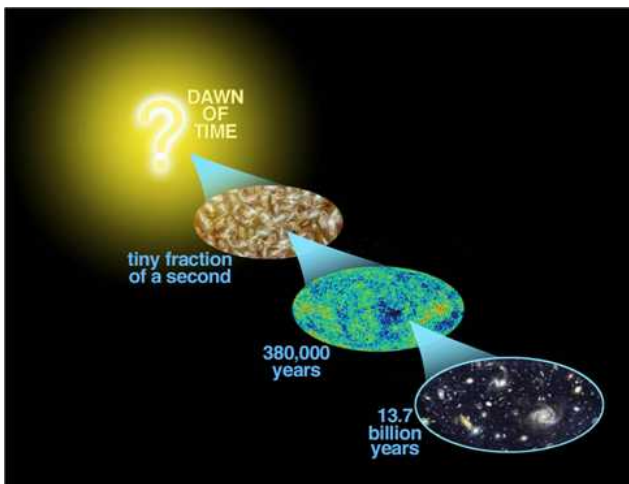


Du plus petit au plus grand



A quoi ressemble l'espace-temps ? Ci-contre, prenons des poupées russes conceptuelles de l'espace-temps. Pour décrire un phénomène, une théorie physique peut convenir mais n'être qu'une approximation d'une autre théorie physique décrivant le même phénomène, mais de façon plus fine, qui, elle-même, pourrait se révéler trop approximative par rapport à une autre théorie plus précise, et ainsi de suite... Un peu à l'image des poupées russes qui s'emboîtent les unes dans les autres.

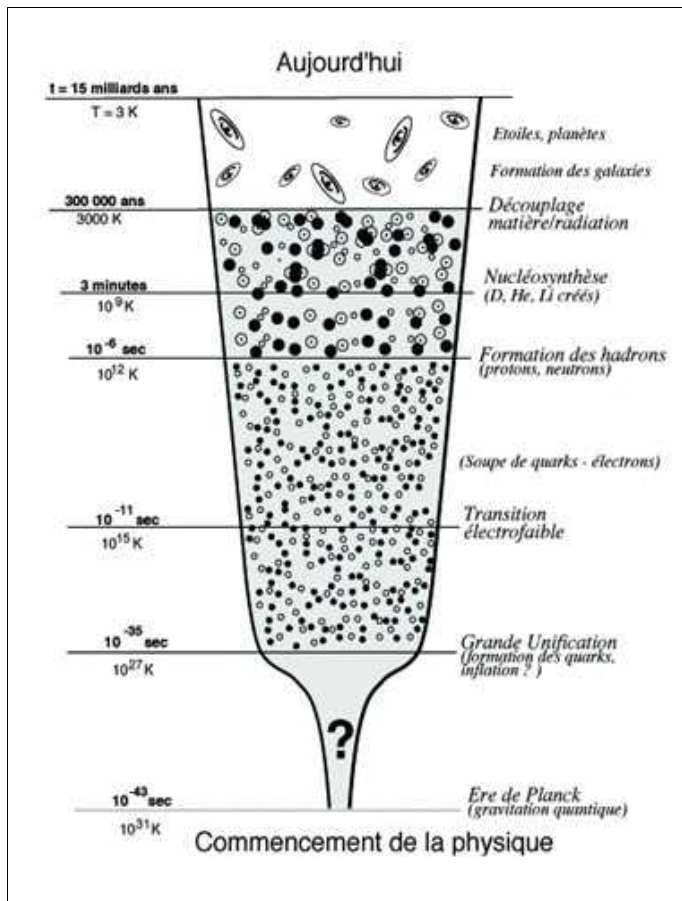
Prenons l'exemple de l'eau. L'eau dans un verre est bien décrite comme un milieu continu par l'hydrodynamique. A plus petite échelle, les molécules d'eau sont décrites par la physique moléculaire, la chimie. A plus petite échelle encore, les molécules d'eau sont constituées d'atomes d'hydrogène (H) et d'oxygène (O). Les atomes eux sont composés d'un noyau (proton et neutron) autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons. Enfin, les quarks constituent les nucléons (proton et neutron). Comprendre l'infiniment petit devrait permettre de comprendre l'infiniment grand, c'est à dire l'Univers dans lequel flotte notre Voie lactée.



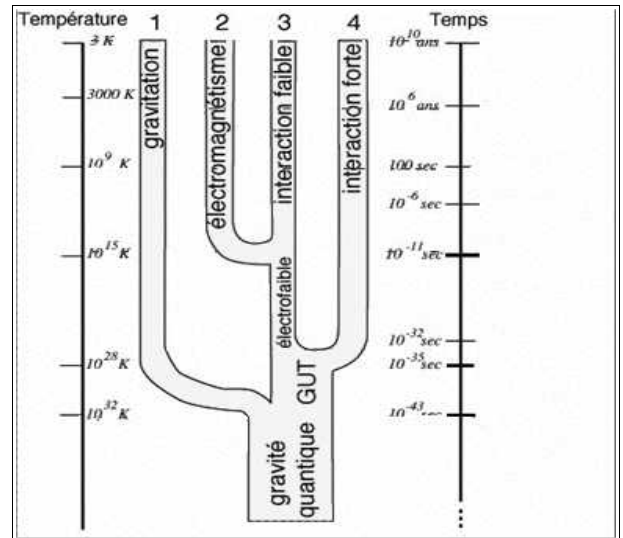
L'histoire de l'Univers

L'ère de Planck, aussi appelé "mur de Planck", correspond à un Univers qui baigne dans une écume d'espace-temps âgé de 10^{-43} seconde, pour une température de 10^{31} Kelvin. Le découplage des forces commence au mur de Planck avec la gravitation, puis la force électrofaible et forte (10^{-35} seconde) et pour finir l'électromagnétisme (10^{-11} seconde). Mais le modèle standard n'est pas complètement satisfaisant ! De nombreux paramètres restent sans explication, notamment la force de gravitation (la quatrième force fondamentale) qui n'est pas décrite de façon quantique (c'est-à-dire la façon dont la gravitation se comporte à très petite distance, inférieure à 0.1mm).

La longueur de Planck est définie par : $L_P = \sqrt{\frac{h G_N}{c^3}} \sim 10^{-35}m$



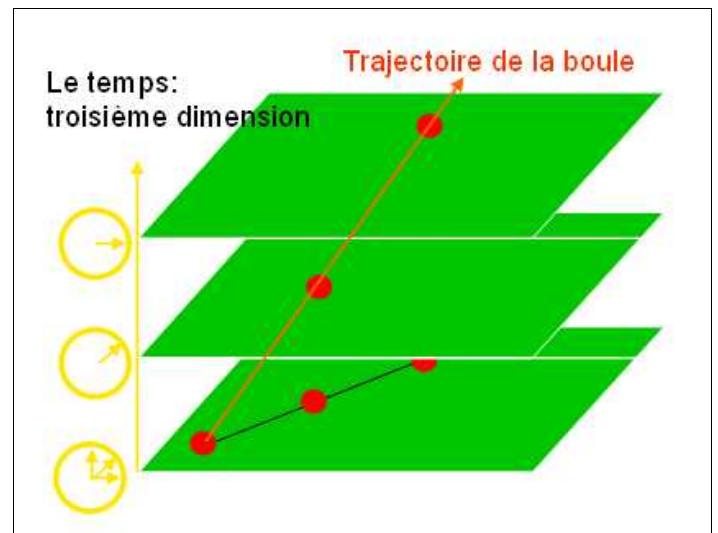
Aujourd'hui trois forces fondamentales sont comprises au niveau microscopique. Dans le cadre de la mécanique quantique, il s'agit de la force électromagnétique, de la force faible et de la force forte. Le modèle standard de la physique des particules est remarquablement bien testé expérimentalement puisque recréer les conditions qui existaient aux prémices de l'Univers est désormais possible grâce aux accélérateurs de particules.



Réconcilier gravité et mécanique quantique

La théorie des cordes tente de réconcilier la gravité et la mécanique quantique pendant la phase de l'ère quantique où la physique moderne ne s'applique plus. Dans combien de dimensions vivons nous ? La réponse habituelle est trois, puisqu'il faut trois nombres pour situer un objet dans un repère galiléen. Le temps est en fait la quatrième dimension.

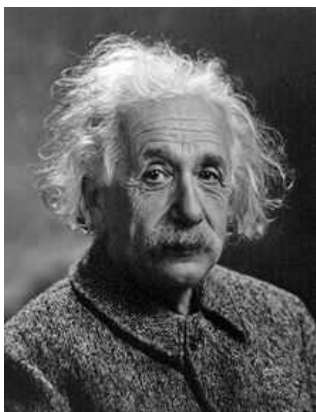
Ci-contre, considérons un espace à deux dimensions et une troisième, celle du temps. La boule se déplace au fur et à mesure que l'horloge avance. Tout se passe comme si on projetait le plan physique dans une troisième dimension intuitive dans laquelle la boule occupe une position dépendante du temps écoulé. Une façon de comprendre intuitivement les choses est de supprimer une dimension d'espace (de trois dimensions, on passe à deux). Ce raisonnement s'applique également pour un espace à trois dimensions spatiales et une temporelle. Par exemple : si vous souhaitez rencontrer une personne, il vous faut connaître sa position (longitude, latitude et altitude) et aussi l'heure à laquelle vous allez vous retrouver. Si l'une de ces données est manquante vous avez toutes les chances de vous rater...



Une autre preuve que nous vivons dans un espace à 3+1 dimensions est la gravitation newtonienne. Devenue très célèbre, c'est la force gravitationnelle qui attire la pomme de Newton qui chute selon un référentiel de temps. L'intensité de la force de gravitation se comporte un peu comme une bombe de peinture, la surface peinte étant proportionnelle au carré de la distance.

Et si on augmentait artificiellement le nombre de dimensions ? On constate que la force gravitationnelle entre deux masses identiques en s'éloignant l'une de l'autre diminue considérablement si le nombre de dimension augmente.

Nombre de dimensions	Force vs distance	Force entre deux masses éloignées de 2D
3+1	$1/D^2$	$F/4$
4+1	$1/D^3$	$F/8$
5+1	$1/D^4$	$F/16$



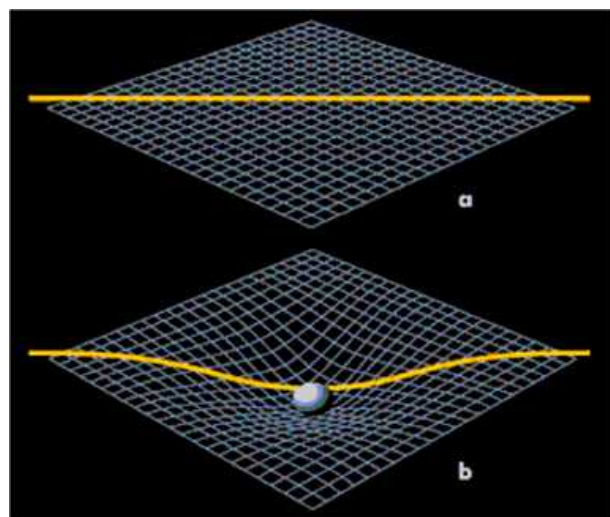
Einstein et la relativité

Enoncée en 1905, la relativité restreinte d'Albert Einstein établit que notre vision intuitive de l'espace-temps, celle du référentiel galiléen, n'est plus valable dès lors qu'on se déplace à des vitesses proches de celle de la lumière, soit environ 300 000 kilomètres par seconde.

En 1916, Einstein énonce cette fois la relativité générale qui démontre que la vision newtonienne de la force de gravitation n'est plus valable si on tient compte de la relativité restreinte. En relativité générale, la Terre (comme toute masse) courbe l'espace-temps autour d'elle. Cette courbure de l'espace-temps dévie les objets qui y circulent, ce qui se manifeste pour nous comme une force. Pour se représenter les

choses, on peut partir à nouveau de deux dimensions. L'espace-temps (4D) est "élastique". Voici l'exemple d'une membrane (deux dimensions) qui se creuse plus ou moins en fonction de la masse de l'objet posé à sa surface. Toute masse ou énergie le perturbe, l'excite, le courbe, comme le fait le vent à la surface de l'eau et où des ondes peuvent aussi se propager.

La force gravitationnelle décrite par la relativité générale telle qu'elle a été illustrée ci-dessus est difficilement conciliable avec le modèle standard de la physique des particules dans le cadre de la mécanique quantique. La théorie des cordes permet d'y remédier en offrant une description quantique de toutes les forces fondamentales, y compris celle de gravitation.



La théorie des cordes

La théorie des cordes qui unifie la gravitation et la mécanique quantique, propose plusieurs réponses et plusieurs modèles du monde possibles. D'après cette théorie, l'identité d'une particule quantique serait définie par la fréquence vibratoire de la corde. Il n'est plus question d'imaginer l'électron par exemple comme un "point" mais plutôt comme une corde vibrante. Cela vaut pour toutes les autres particules. La matière vibrerait comme une grande symphonie où chaque élément serait accordé pour jouer son rôle.

La relativité générale peut être généralisée à n'importe quel nombre de dimensions de l'espace-temps (notre Univers comme nous l'avons vu a trois dimensions spatiales et une de temps). En principe, ces équations peuvent être écrites dans un espace à plus de quatre dimensions. En revanche, la super gravité limite le nombre de dimensions d'espace-temps à 11 (ou 10 spatiales) et donne la cohérence à la théorie des cordes tout en satisfaisant les lois de la mécanique quantique. Leur taille peut être petite (10 microns), plus grande (0.1 mm) ou infinie. Cosmologie, physique des particules et mesures de la force de gravitation à petite distance permettent d'essayer d'établir ces tailles :

- Taille microscopique ($\sim L_s$) $\Rightarrow$ cas traditionnel, avec $L_s \sim 10LP$ (rappel : $LP = 10^{-35} m$)
- Taille mésoscopique ($\sim$ micron?)
- Taille macroscopique (même infinie).

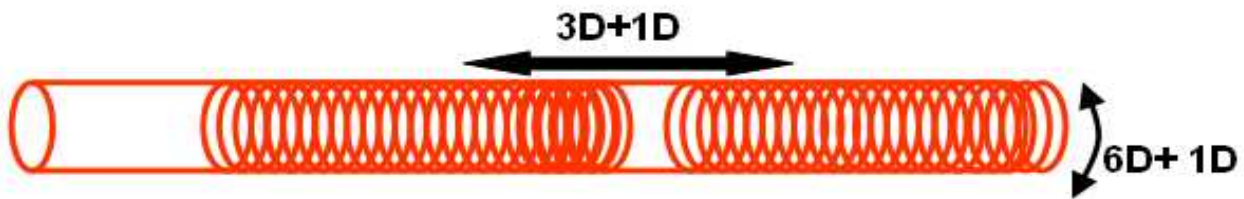
Dans les deux derniers cas, seule la force gravitationnelle "voit" les dimensions supplémentaires et elle est modifiée à des courtes distances tandis que dans le premier cas, notre Univers est confiné dans un sub-espace à trois dimensions : une membrane immergée dans un espace à neuf, voir dix dimensions. C'est ce que l'on appelle l'Univers branaire. Si nous pouvons mesurer notre position avec une précision meilleure que la circonférence du cylindre (voir plus loin), nous pouvons savoir que nous sommes dans un espace à deux dimensions.

D'après la théorie, le diamètre du cercle serait de l'ordre de 10^{-33} cm et donc trop faible pour être détectable pour le moment. Nous avons l'impression de vivre dans un espace à une dimension, là où il en a peut être deux ? Illustrons cette théorie via un exemple concret : sur l'image ci-contre, le funambule ne peut se déplacer que sur une seule dimension.



Des dimensions supplémentaires d'espace-temps peuvent donc nous avoir échappé si elles sont "recourbées" sur elles-mêmes avec une circonférence inférieure aux plus petites distances observables. C'est justement sur ces dimensions que la théorie des cordes propose d'imaginer des particules en forme de "corde ouverte" s'enroulant sur ces dimensions comme autour d'un tube dont le diamètre serait inférieur à ce qu'on peut mesurer aujourd'hui.

Pour chaque dimension connue, imaginons un cylindre dont le rayon de courbure est inférieur à ce que l'on est capable de mesurer aujourd'hui. On obtient ainsi une dimension connue associée à une dimension qui nous échappe, soit deux dimensions.



Puisque l'on connaît 3D cela donne : $3D * 2 = 6$ dimensions + 1 dimension temporelle = 7.

Ceci est un modèle parmi d'autres. C'est le mécanisme de Kaluza-Klein qui est une première façon de "cacher" les dimensions supplémentaires. Tout ce qui précède est vrai, si l'on peut effectivement sonder les dimensions supplémentaires avec les accélérateurs de particule, c'est-à-dire si la matière ordinaire (avec laquelle sont constitués les accélérateurs) peut se déplacer dans ces dimensions supplémentaires. D'où une autre solution pour "dissimuler" les dimensions supplémentaires : "interdire" le déplacement de la matière ordinaire ! Sur la base des cordes fermées, la particule élémentaire appelé "graviton", d'après la théorie de la relativité générale, est vecteur de l'interaction gravitationnelle et possède un partenaire supersymétrique, le gravitino. Seule la force gravitationnelle voit les dimensions supplémentaires et elle est modifiée à des courtes distances.

La théorie des super cordes

Le postulat de base établit que les particules sont des points décrivant des "cordes" dans un espace à plus de quatre dimensions. Extrapolons maintenant en supposant que les particules soient déjà des cordes, elles évolueraient alors dans un hyper espace où elles prendraient la forme d'une surface appelée "brane", débouchant sur l'hypothèse d'un "Univers branaire".

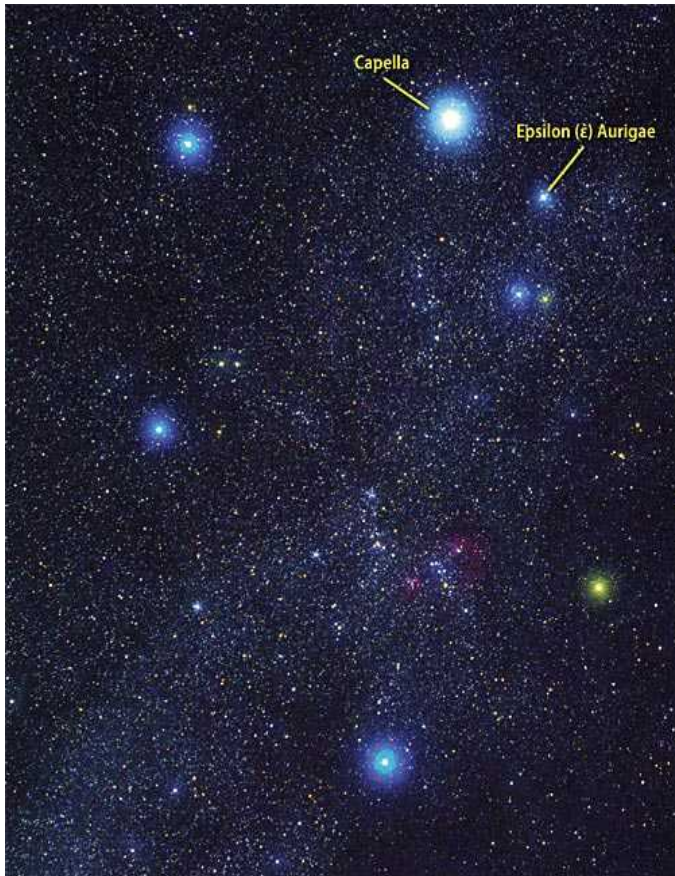
Les dimensions supplémentaires d'espace-temps peuvent nous avoir échappé si elles sont recourbées sur elles-mêmes avec une circonférence très inférieure aux plus petites distances observables. Avec la théorie des super cordes, ce n'est pas qu'une particule écrivant des boucles qui nous échappe mais une corde décrivant une surface, donc deux dimensions, dans un hyper espace. Ce qui nous donne 2D d'hyper espace/dimension spatiale, soit : $2 \times 3 + X + Y + Z = 9$ dimensions d'espace + 1 dimension temporelle = 10 dimensions.

Si tel est le cas : la seule façon de s'apercevoir de l'existence de dimensions supplémentaires, c'est via la gravitation. En effet la gravitation est véhiculée par la courbure de l'espace-temps, et ne peut donc pas être confinée sur un sous-espace de l'espace-temps tout entier !

Est-ce observable ? Oui, dans les accélérateurs de particules mais seulement par perte d'énergie sous forme gravitationnelle dans les dimensions supplémentaires. Quelles conséquences ? Cela changerait la cosmologie et modifierait la gravitation à petite distance : sur des distances de l'ordre de la taille des dimensions supplémentaires aussi grandes qu'une fraction de millimètres, voire même infinies dans certains scénarios plus compliqués.... Par exemple, l'Univers considéré comme une seule brane entrant en collision par vibration avec un autre Univers branaire, ce qui se traduirait par une explosion d'énergie que nous avons appelé "Big Bang". Si cela se confirmait un jour, cela changerait radicalement notre vision actuelle de la théorie du Big Bang. Pour l'instant aucun signe de l'existence de ces dimensions, mais certains physiciens les recherchent activement...

Epsilon Aurigae : l'étoile mystérieuse

par Arnaud Agache



Quelque part dans le Cocher se trouve une étoile particulière, qui est longtemps restée très intrigante... Cette étoile est Epsilon Aurigae (ϵ Aur). Son nom arabe, Almaaz, signifie "chevrette". On la nomme aussi Haldus, ou encore Al Anz. Pour cet article, je l'appellerai Almaaz, question de goût... Grâce à sa magnitude apparente moyenne de 3, elle est facilement visible, même à l'œil nu. Sous nos latitudes, elle est circumpolaire. On peut donc l'observer toute l'année, mais c'est durant l'hiver qu'on la verra le mieux puisqu'elle est proche du zénith vers minuit en janvier et aux alentours de 21 heures à la mi-février. Pour la localiser, il faut repérer la brillante Capella (α Aur), puis suivre la direction que semble nous désigner la Grande Ourse avant de déplacer notre regard de 20° , soit une main écartée, bras tendu. Ensuite, il faut identifier le pentagone du Cocher que forme Capella avec Menkalinan (β Aur), Mahasim (θ Aur), Elnath (β Tau) et Hassaleh (ι Aur). Au sud-ouest de Capella, disons grossièrement à un quart du segment qui joint Capella à Hassaleh, et légèrement à l'extérieur du pentagone que l'on s'est représenté, on trouve Almaaz. Si l'on dessine le Cocher sous forme d'un hexagone (très irrégulier), l'étoile qui manque à la figure est justement *notre*

Almaaz. Dans les illustrations du Cocher qui personnifient un homme portant sur le dos une chèvre et deux chevreaux, Almaaz incarne les chevreaux, avec ses deux voisines au sud : Haedus I (ζ Aur) et Haedus II (η Aur).

La folie des grandeurs

Almaaz est exceptionnelle à bien des égards. Tout d'abord, elle est bien visible dans notre ciel malgré une distance évaluée à 2000 années-lumière. Si Capella s'avère plus brillante, c'est parce qu'elle ne se trouve qu'à une quarantaine d'années-lumière : les "quadras" voient donc Capella telle qu'elle était à leur naissance. Pour comparer, imaginez que lorsque vous observez Almaaz, la lumière qui vous parvient a été en réalité émise alors que... Jésus n'était qu'un bambin. Comme pour d'autres, elle est si lointaine qu'on ignore si elle existe toujours car, si ce n'est pas déjà fait, elle devrait exploser en supernovæ dans un avenir assez proche à l'échelle astronomique. Il nous faudra alors 2000 ans supplémentaires pour s'en apercevoir. Sa taille est également impressionnante avec un rayon estimé à 300 fois celui du Soleil. Cela signifie que si Almaaz trônait au centre du Système solaire et que la Terre gardait sa place, elle serait alors à l'intérieur de la supergéante. Un dernier chiffre, celui de la magnitude absolue ; alors que celle de Capella atteint -0,5, celle du Soleil 4,8, Almaaz frôle elle les -6. De quoi reconsidérer cette petite étoile qui n'avait l'air de rien, n'est-ce pas ?



Notez que l'illustration est inversée

Une intrigue...

En plus de tout cela, Almaaz n'en finit pas de faire parler d'elle puisque de façon surprenante, tous les 27,1 ans, elle joue les timides et s'assombrit. Elle perd grossièrement 50% de son éclat, pour atteindre une magnitude de 3,8. Son "caprice" dure presque deux ans, puis elle retrouve sa splendeur habituelle. Ce genre de phénomène est en fait bien connu : ce n'est bien sûr pas l'étoile elle-même qui perd sa luminosité, mais un objet qui vient l'éclipser (au moins partiellement). Toutefois, la période est bien plus longue que dans la plupart des systèmes à éclipse binaire, où une étoile éclipse l'autre. Quel peut bien être cet objet qui obscurcit si rarement et si longtemps Almaaz ? Une certitude : ses dimensions sont forcément gigantesques. Mais alors, pourquoi ne voit-on pas cet objet ? Tout cela semble bien complexe, même au regard des recherches en cours. La suite de l'article n'a pas pour prétention de vous tenir informé des dernières actualités - je serais bien incapable de les interpréter correctement - mais simplement de susciter votre intérêt pour cette étoile et son "mystère". Revenons en 1821. C'est l'année où la variabilité d'Almaaz fut découverte par un astronome allemand nommé Johann Fritsch. Lors de l'éclipse suivante, Friedrich Argelander et Eduard Heis établirent qu'il s'agissait d'une éclipse avec une très longue période qu'ils estimèrent correctement. En 1928, l'éclipse fut suivie avec beaucoup d'attention. Harlow Shapley, de l'observatoire d'Harvard, comprit qu'Almaaz était immense et que l'objet qui l'éclipse devait faire sensiblement le même poids qu'elle (ce qui est toujours admis actuellement). Mais le flou restait presque total quant à la nature de ce compagnon.

Penchons nous un (tout petit) peu sur les premières analyses spectrométriques du système d'Almaaz réalisées il y a plusieurs décennies. Le spectre, assez simple, correspondait à celui d'une étoile de classe F. Celui relatif à un second corps n'était pas discernable. La courbe de lumière faisait apparaître un minimum plat, caractéristique des éclipses totales (mais rappelons-nous que l'éclipse constatée n'est pas totale). La luminosité restant à peu près constante pendant 370 jours, il semblait donc que l'étoile de spectre F était occultée par une autre plus grande et plus obscure. Toutefois, le spectre de l'étoile F ne disparaissait jamais totalement : il s'affaiblissait seulement, comme s'il traversait un filtre d'atténuation... Sur des photos à grande échelle prises avec le télescope de 11 mètres de focale de l'observatoire Sproul, Peter Van de Kamp réussit à voir l'image de l'étoile. Sa forme oblongue et non pas circulaire mettait en évidence la duplicité d'Almaaz, sans toutefois que les deux corps apparaissent séparés. Cependant, si le corps mystérieux était une étoile normale, elle aurait, d'après la durée de l'éclipse, un diamètre d'environ 3000 fois celui du Soleil, ce qui en ferait la plus grande étoile connue. Au point que, malgré sa masse importante, elle serait composée d'un gaz si raréfié qu'il équivaldrait à... du vide presque absolu.

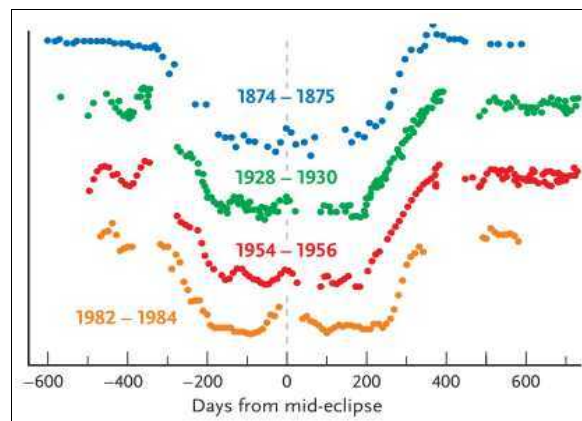
...et la bonne hypothèse

En 1965, Su Shu Han proposa un modèle séduisant. Et si le corps mystérieux était un nuage de poussières entourant une étoile, petite mais dense, tout proche de l'imposante Almaaz ? Depuis, cette hypothèse a fait l'objet de débats, notamment sur le nombre d'étoiles – une ou deux. Une masse extrêmement importante au centre est nécessaire pour retenir un tel disque et l'empêcher de se disloquer dans l'espace. Vu presque en coupe (par la tranche), le nuage de poussières présenterait une section oblongue. Durant l'éclipse, Almaaz passerait derrière lui, ce qui expliquerait que l'affaiblissement ne s'accompagne pas d'une disparition du spectre de l'étoile occultée, les poussières atténuant la lumière sans introduire de raies d'absorption comme le ferait un gaz. Les variations de magnitude constatées seraient dues à des différences de densité du nuage qui filtrerait ainsi plus ou moins la lumière d'Almaaz. Cette hypothèse est admise comme la plus probable. Les relevés de la dernière éclipse, qui vient tout juste de s'achever (2009-2011), le confirme. L'étoile au centre du disque est de type spectral B. Almaaz serait donc un trio : une étoile F visible, une étoile B invisible (le compagnon) entourée d'un disque.



Une étoile variable et... des éclipses variables

Dans les années 1970, l'étude des données accumulées jusqu'alors laissa perplexes les scientifiques. En premier lieu, on nota un regain de luminosité à mi-éclipse : y a-t-il un trou dans le disque qui laisserait filtrer davantage de lumière ? Mais, auquel cas, pourquoi ne verrions-nous pas l'étoile secondaire au centre du disque ? Autre révélation perturbante, ce pic aurait été plus marqué lors de l'éclipse de 1954-1956 que lors des précédentes. L'hypothétique "trou" s'agrandirait-il ? Par ailleurs, on nota aussi d'autres différences entre chaque éclipse : dans la durée ou dans l'apparition de pics, de creux, avant et après, à des moments assez distincts... L'étude de l'éclipse de 1982-1984 confirma ce caractère très changeant.

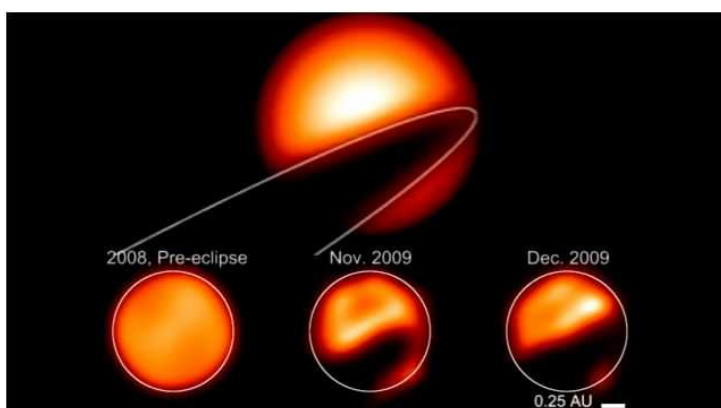


On peut imaginer que le disque de poussières est si immense que des planétésimaux ne cessent de se former, de se percuter, de se dévier, sans parvenir à se stabiliser en système planétaire classique. Ils rendraient ainsi l'anneau changeant, même en l'espace de si peu de temps (car 27 ans ne représentent rien à l'échelle astronomique). Ajoutons enfin qu'en dehors des périodes d'éclipse, Almaaz connaît aussi des variations...

L'étude de l'éclipse de 2009-2011

Almaaz continue à faire l'objet de beaucoup d'attention. Durant l'éclipse qui s'achève actuellement, de nombreuses données ont été compilées et vont permettre d'en apprendre beaucoup à son sujet. Des astronomes de tous pays ont participé à une campagne mondiale coordonnée par l'American Association of Variable Stars Observers (l'AAVSO). Elle portait sur l'observation visuelle (par l'estimation de la magnitude), sur la photométrie, et même sur l'analyse de données, celles-ci étant rendues publiques (avec un outil d'analyse de l'AAVSO). La station spatiale internationale a même collaboré à cet effort mondial : l'équipage 24 a en effet observé Almaaz pour la comparer à trois étoiles proches, de luminosité constante. Cet apport sera précieux car à cette période, la proximité du Soleil gênait les observateurs terrestres. Tandis que du haut de leurs 400 kilomètres, les membres de l'équipage bénéficiaient d'une fenêtre intéressante de 25 minutes à chaque orbite.

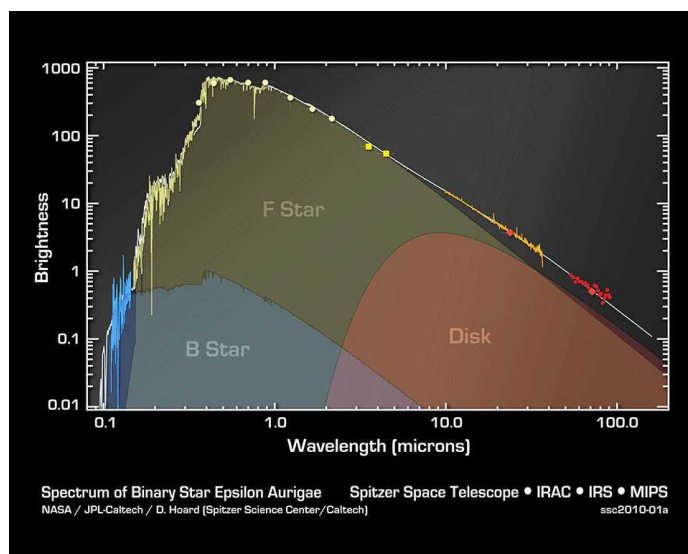
Citons deux autres travaux effectués lors de la dernière éclipse : à l'université de Denver, une équipe a imagé nettement Almaaz et le disque opaque. On a aussi exploité le satellite infrarouge Spitzer, ainsi que l'interféromètre Chara de l'observatoire du mont Wilson. Ils ont permis de confirmer l'hypothèse de l'immense disque de poussière noire. Il s'agit maintenant d'en définir plus précisément la forme. Une étape importante a néanmoins été franchie et Almaaz en perd un peu de son mystère...



En savoir plus

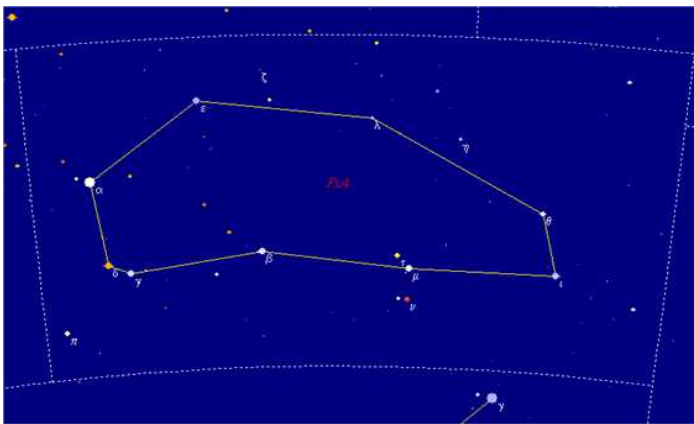
- Notez une date importante, le 1er août 2012. Il s'agit de la date de publication d'un numéro spécial du journal de l'AAVSO, relatif à Epsilon Aurigae, qui devrait être passionnant.
- Sur la mobilisation d'amateurs (pointus) lors de la dernière éclipse :

www.citizensky.org
www.aavso.org



Dans le ciel

C'est vers la fin de l'été, le soir, que l'on peut observer l'étoile Fomalhaut. On la repère assez facilement car elle brille, solitaire, à une quinzaine de degrés au dessus de l'horizon sud. Elle restera alors visible à cet endroit durant quelques mois. Fomalhaut est l'étoile principale de la constellation du Poisson Austral (Piscis Austrinus) et l'une des plus brillantes du ciel (elle occupe la 17ème place). Dans l'hémisphère nord, étant proche de l'horizon, elle pourrait passer inaperçue, mais l'absence d'autres étoiles brillantes autour d'elle rehausse son éclat. Il faut aller en Afrique du Sud ou en Australie pour la voir passer au zénith. On peut la localiser en prolongeant la ligne des étoiles β et α de la constellation de Pégase. Elle se trouve alors à 45° au sud de α Pégasi.



carte du Poisson Austral

de nous, 500 ans avant J.C. , elle fut un objet d'adoration dans le temple de Demeter à Eleusis. Son nom latin est Os Piscis Meridiani et les aborigènes d'Australie l'ont nommée Buunjill.

Fomalhaut n'a pas toujours été localisée dans la constellation du Poisson Austral. Elle fut longtemps une étoile du Verseau. Ainsi, Ptolémée la positionne à la fois dans le Poisson Austral et dans Udrochoos, l'équivalent grec du Verseau. Les Tables Alphonsines, en 1521, la placent dans le Verseau tout comme l'astronome perse Al Kazwini au XIIIème siècle, ou encore Logomontanus qui la nommera Fomahant. Au XVIIème siècle, l'étoile apparaît toujours dans le Verseau dans les Tables Rudolphines de Tycho. Elle verra aussi son nom se modifier légèrement : Fumahaut pour Bayer, Fomahand pour l'astronome danois Caesius, Fomauth pour Riccioli ou encore Fomalcuti pour Schickard. Flamsteed lui attribuera deux numéros, 24 du Poisson Austral et 79 du Verseau.

L'étoile Fomalhaut

Fomalhaut est une étoile de la série principale, de type spectral A3 V, située à environ 25 années-lumière du Soleil. Son âge est estimé entre 100 et 300 millions d'années, ce qui en fait une jeune étoile. Sa température de surface de 8760 K la classe parmi les étoiles blanches. Sa masse atteint 2.1 fois celle du Soleil : son espérance de vie est donc inférieure à celle de notre étoile et ne dépasse pas le milliard d'année. Sa luminosité est 18 fois supérieure à celle du Soleil et son diamètre 1.8 fois plus important. Fomalhaut présente une déficience en éléments autres que l'hydrogène et l'hélium par rapport à notre étoile. On dit aussi que sa métallicité est pauvre. Une première valeur en 1997

Carte d'identité

Fomalhaut (α Piscis Austrini)

Constellation : Poisson Austral

Ascension droite : 22h57m39.05s

Déclinaison : $-29^\circ 37' 20''$

Distance : 25 années-lumière

Magnitude : 1.17

Magnitude absolue : 1.74

Luminosité : 17.78x le Soleil

Type spectral : A3V

Température de surface : 8760 K

Diamètre : 3.68 soleils

Masse : 2 masses solaires

Histoire

Fomalhaut est connue depuis la plus lointaine antiquité. Son nom provient de l'arabe *فم الحوت* *fum al-hūt*, qui signifie "la bouche du poisson". Il y a 5000 ans, les Perses l'avaient appelée Hastorang et elle était l'un des quatre gardiens du paradis. Les premiers arabes l'avaient nommé Al Difdi al Awwal (*الضفدع الأول* *ad-difdi¹ al-'awwal*), la première grenouille, et les Chinois, Pi Lo Sze Mun. Plus près

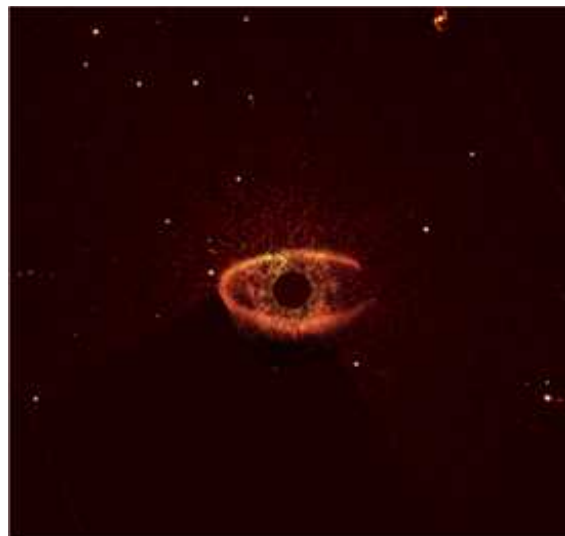


l'étoile Fomalhaut et son environnement

donnait 93% de l'abondance en métaux (tous les éléments sauf l'hydrogène et l'hélium) du Soleil. Une seconde étude a abaissé cette estimation à 78% et, en 2008, une dernière a fourni la valeur de 46%. Fomalhaut fait partie d'un groupe de 16 étoiles ayant un mouvement identique dans l'espace, parmi lesquelles on trouve Véga et Castor. L'étoile TW Piscis Austrinis, à moins d'une année-lumière de Fomalhaut, pourrait lui être liée gravitationnellement et former avec elle un couple physique.

Un disque de poussières

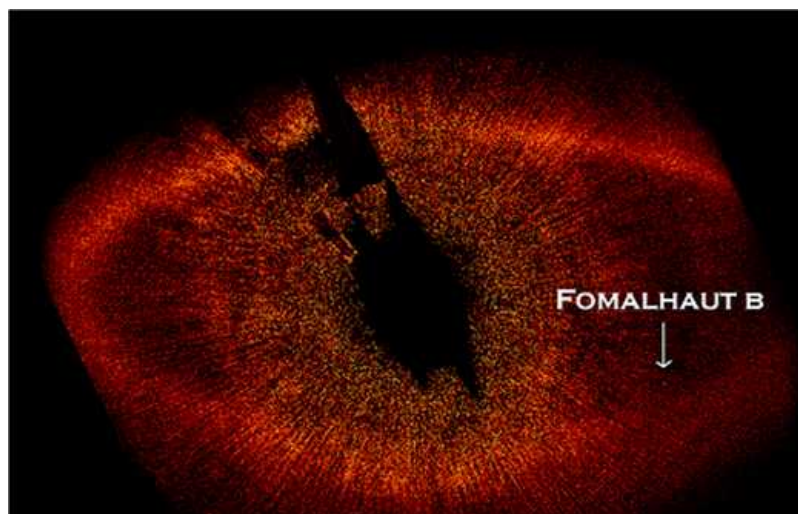
La particularité de Fomalhaut est d'être entourée d'un épais disque de gaz et de poussières. Ce disque a la forme d'un tore situé entre 133 et 158 unités astronomiques (trois fois la distance de Pluton) et incliné de 24° par rapport à notre plan de vision. Impossible de ne pas songer à la ceinture de Kuiper qui entoure le Système solaire. La présence de ce disque de poussières et l'âge relativement jeune de l'étoile laisse penser que nous sommes en présence d'un disque protoplanétaire. Lequel présente aussi la particularité de n'être pas centré sur l'étoile mais sur un point décalé de 15 unités astronomiques. Dès 2005, cette anomalie a incité les astronomes à rechercher le corps qui pouvait ainsi perturber le disque de poussières.



le disque de poussière autour de Fomalhaut

Fomalhaut B

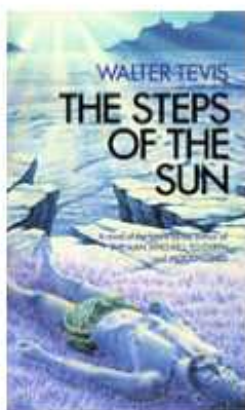
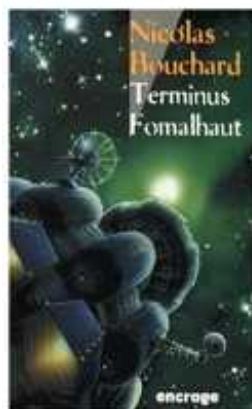
En 2008, les astronomes Paul Kalas et James R. Graham ont découvert sur des images du télescope spatial Hubble de 2004 et 2006 la première exoplanète à être prise en photo. Celle-ci gravite à 115 unités astronomiques, près du bord intérieur du disque de poussières. La masse de cette planète, qu'on nommera très vite Fomalhaut B, est estimée entre celle de Neptune et trois fois celle de Jupiter. La distance la séparant de son étoile est de dix fois celle de Saturne au Soleil. Son diamètre est probablement similaire à celui de Jupiter. Elle tourne autour de Fomalhaut en 872 ans. De cette planète, Fomalhaut a le même éclat que notre Soleil vu de Neptune. On pense également que Fomalhaut B posséderait un disque de matière en rotation de l'ordre de 20 à 40 fois le diamètre de Jupiter. Fomalhaut B a ainsi la même histoire que Neptune. Après avoir été soupçonnée sur la base des perturbations de l'anneau de poussières, puis calculée, elle fut découverte directement au télescope.



On pense également que Fomalhaut B posséderait un disque de matière en rotation de l'ordre de 20 à 40 fois le diamètre de Jupiter. Fomalhaut B a ainsi la même histoire que Neptune. Après avoir été soupçonnée sur la base des perturbations de l'anneau de poussières, puis calculée, elle fut découverte directement au télescope.

Science fiction

Fomalhaut apparaît dans certains récits de science fiction dont le plus connu est "Terminus Fomalhaut" de Nicolas Bouchard. Dans ce récit, qui allie science fiction et enquête policière, un meurtre est commis sur le Sempronius, vaisseau de transport à destination de Fomalhaut. Le héros du roman mène l'enquête durant laquelle il va se heurter à une société très dangereuse et hyper-hiérarchisée. Dans son roman "Steps of the Sun", Walter Tevis décrit deux mondes potentiellement habitables autour de Fomalhaut. L'étoile apparaît aussi dans une nouvelle de Cordwainer Smith parue en 1964 "The dead Lady of Clown Town" qui fait partie du recueil des "Seigneurs de l'Instrumentalité". La planète Fomalhaut III est le site du martyr de D'Joan, une femme chien.



Sous les étoiles du Nivernais

par Simon Lericque

Sous d'autres cieux

Il y a quelques mois, à l'arrivée du printemps, plusieurs membres de notre association ont quitté le nord de la France pour des cieux plus cléments. Comme pris d'une irrésistible envie de migration saisonnière, nous avons gagné la région bourguignonne pour une semaine d'astronomie sous un ciel sans pollution lumineuse.

Notre "observatoire", un chalet en bois, se nichait sur la commune de la Collancelle dans le département de la Nièvre, à deux pas des étangs de Vaux et de Baye. Au programme de ce séjour : de longues balades au bord de l'eau, de longues parties de pêche, de longs moments passés sous les étoiles, dans l'ambiance conviviale de notre fine équipe...

Par bonheur, la chance était avec nous : une météo estivale nous attendait avec des températures frôlant avec les 30°C et, surtout, un ciel exceptionnel bleu et sans nuage. Les autochtones n'avaient pas connu ça depuis vingt ans. Sur les sept nuits sous les étoiles du Nivernais, cinq ont ainsi été exploitées intensivement.



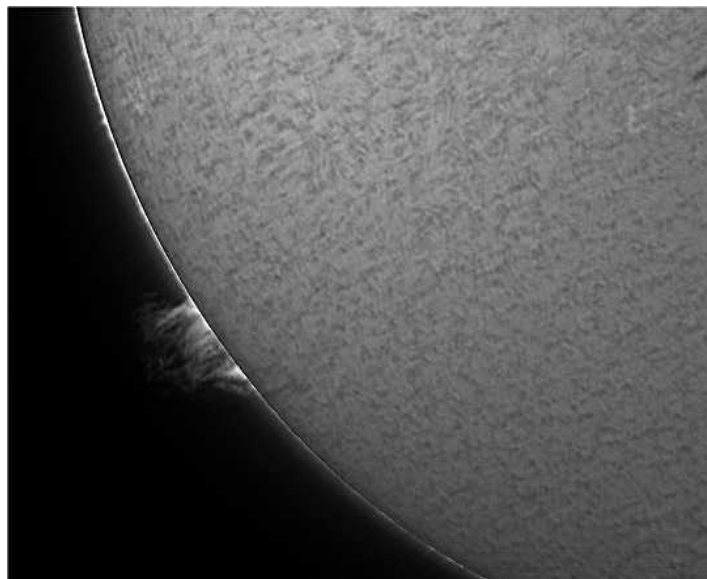
Michel, Patrick et Michaël prenant la pose

Le Soleil se révèle

Avant la nuit et les étoiles, c'est le Soleil qui se donnait évidemment en spectacle. Une fois de plus, la chance était de notre côté puisque l'activité de notre étoile avait décidé de s'animer quelques jours seulement avant notre arrivée. Durant le séjour, plusieurs matinées ont pu être ainsi consacrées à l'étude des groupes de tâches et des spectaculaires protubérances solaires, tantôt au moyen d'une lunette de 60 millimètres équipée d'un filtre classique, tantôt à travers un PST (instrument spécifique limité à la longueur d'onde du H-Alpha), tantôt grâce à l'imagerie, caché sous une couverture pour mieux percevoir l'écran de l'ordinateur.



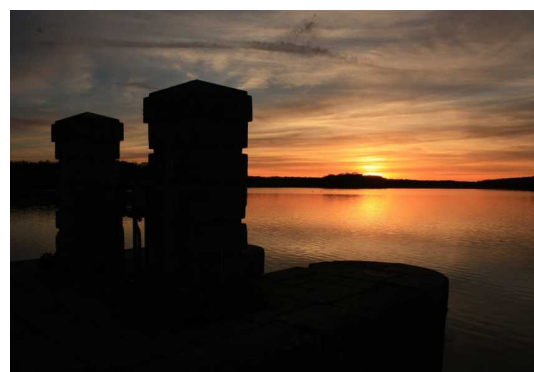
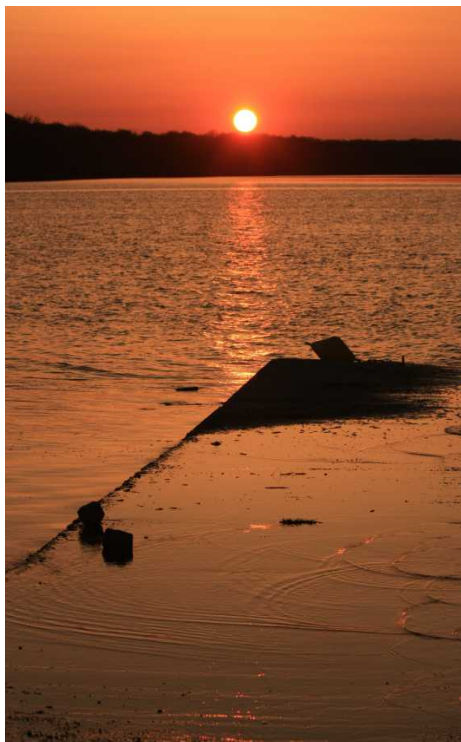
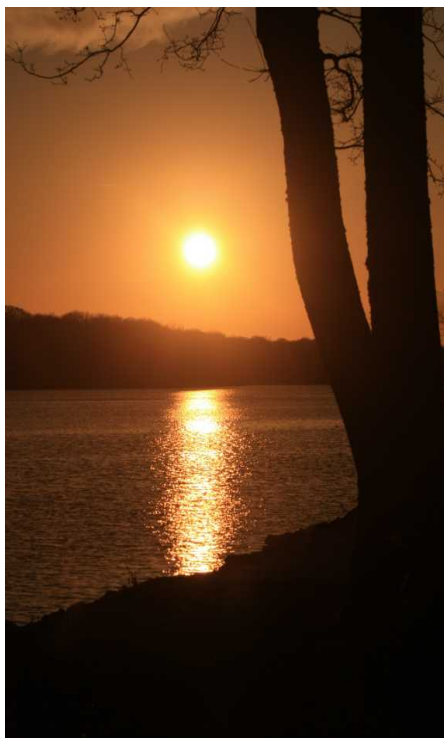
Patrick et Carole sous le Soleil



Protubérance solaire - Caméra Atik 1-HS et PST Coronado

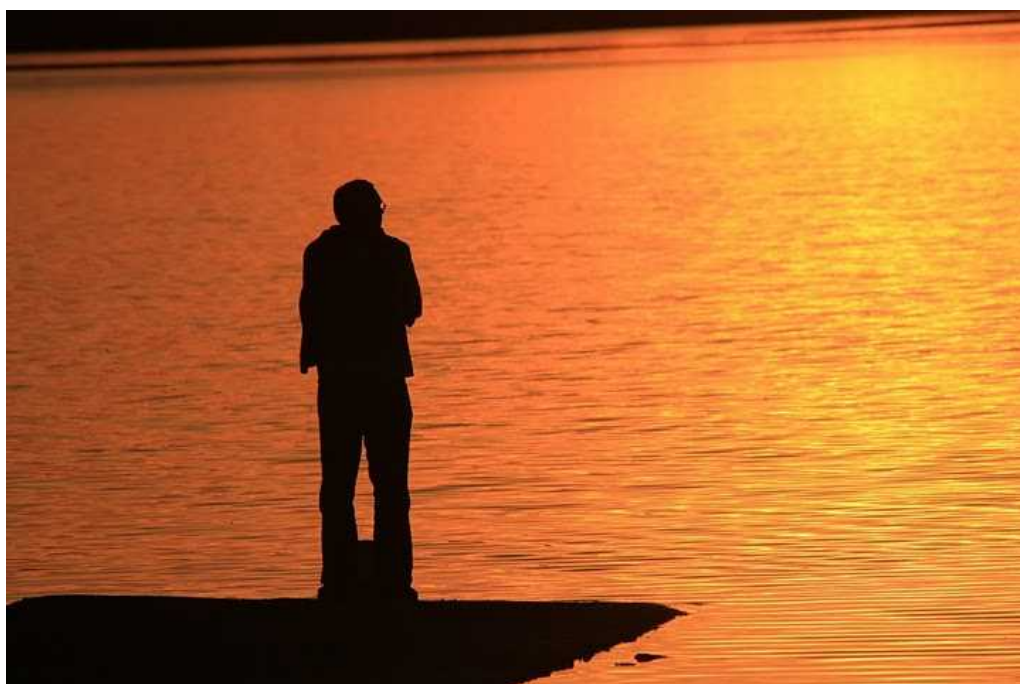
Couchers de Soleil

Le Soleil était aussi l'acteur principal du spectacle offert chaque soir sur les rives des étangs de Baye et de Vaux. Dès les premiers jours, vers 20 heures, une étrange transhumance, vite devenue traditionnelle, se mit en place. Nous quittions précipitamment la table de jardin où nous étions installés pour l'apéritif (conserver nos habitudes septentrionales était capital) pour rejoindre les rives de l'étang de Baye proche. A cette époque de l'année, notre étoile se couche presque exactement dans l'axe de la digue installée là il y a quelques temps. Mais si le lieu est identique, le spectacle est lui à chaque fois différent. Parfois, le Soleil se présentait isolé, bien dessiné, éblouissant tout l'horizon. Parfois, voilé par une légère brume, il embrasait le ciel ou bien se contentait de magnifier les nuages au dessus de nos têtes. Chacune de ces scènes crépusculaires se reflétait dans les eaux de l'étang pour un spectacle garanti !



Des moments d'éternité

Une fois le Soleil couché, les dernières lueurs du crépuscule disparues et les rares lampadaires éteints, nous pouvions nous adonner à notre sport favori pour l'observation. Avant de mettre l'œil à l'oculaire de nos lunettes et télescopes, il était indispensable de commencer à l'œil nu. Avec ce ciel noir, les plus faibles étoiles devenaient discernables et nos constellations si familières parfois difficiles à dessiner du premier coup d'œil.



Michel... pensif !

En début de nuit, les belles constellations caractéristiques du ciel d'hiver illuminaient l'horizon ouest : le Taureau et les Gémeaux surplombant Orion, le Grand Chien et son éclatante Sirius. La Voie lactée hivernale, si anodine sous nos cieux pollués, se distinguait avec facilité. Rapidement, le ciel printanier prenait le relais : la Vierge et la Chevelure s'extirpaient des basses couches de l'atmosphère tandis que l'Hydre et le Corbeau peinaient à s'en détacher.

Néanmoins, sans être dans le sud de la France, ces étoiles invisibles depuis nos latitudes sont déjà plus hautes sur l'horizon. Des étoiles de l'astérisme austral du Centaure sont même observables à l'œil nu vers le sud, au moment de leur passage au méridien.

Avant de regagner notre couette, lors d'une nuit calme et sans vent, nous irons faire une promenade sur la digue tout proche. Il est alors près

de trois heures du matin. Le Cygne, la Lyre et l'Aigle font leur apparition, noyés dans la Voie lactée estivale. Ce ne sont alors pas les 4000 étoiles théoriquement visibles à l'œil nu qui nous illuminent mais bien le double ou presque. Les eaux calmes autour de nous reflètent comme un miroir nos constellations familières. La Grande Ourse est à la fois au zénith et sous nos pieds. La sensation de pouvoir y plonger nous gagne tous. Ces longs instants passés sur la digue resteront sans doute le meilleur souvenir de notre séjour bourguignon.



la Voie lactée surplombant les étangs de Vaux

A la chasse aux galaxies



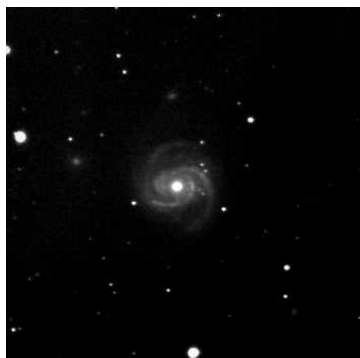
En plein travail

La nuit, dans le ciel du printemps, ce sont les galaxies qui assurent le spectacle. A travers nos instruments, spirales, spirales barrées ou irrégulières se dévoilèrent réellement en l'absence de pollution lumineuse. Apparaissant d'ordinaire comme de discrètes tâches floues, même les bras et les structures complexes étaient ici aisément perceptibles. Les bandes de poussières des galaxies M104, NGC 4565, NGC 5907 se montraient splendides et surtout détaillées, tout comme les grands classiques du catalogue Messier, M51, M64 ou M82. Le ciel noir et l'entonnoir à lumière qu'est notre dobson de 400 millimètres nous permirent d'accéder à des objets mythiques comme les

galaxies en interaction des Antennes (NGC 4038 et NGC 4039) ou l'amas Coma distant de 320 millions d'années-lumière.



M83 à la 80ed



M100 à la 80ed



M81 à la 80ed



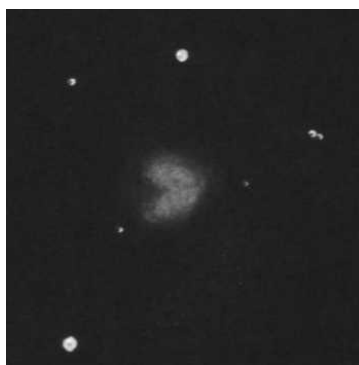
les Antennes à la 80ed



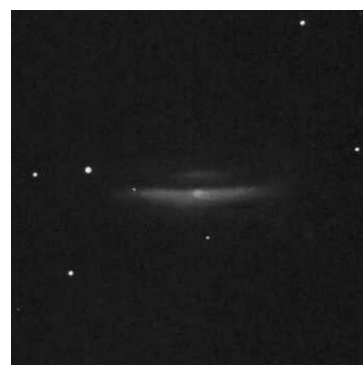
M64 au Dobson 400



M82 au Dobson 400



Les Antennes au Dobson 400



M104 au Dobson 400



Lune et lumière cendrée - EOS 450d et lunette Orion 80ed

La Lune

Plus proche de la Terre, notre satellite ne fut pour autant pas négligé lors des séances d'observations. Invisible durant les trois premières soirées, au moment de la nouvelle Lune, l'écliptique fortement incliné par rapport à l'horizon nous aura permis ensuite d'admirer un fin croissant, âgé d'une quarantaine d'heures seulement, dans les belles couleurs du couchant. Toujours paré d'une splendide lumière cendrée, il s'est ensuite épaissi au fil des jours, laissant apparaître peu à peu de belles formations : cratères, mers et chaînes de montagnes. Repoussant de plus en plus l'arrivée de la nuit noire, la Lune devint même gênante lors de notre dernière sortie, comme pour nous dire que ce beau séjour passé sous le splendide ciel de Bourgogne était désormais terminé...



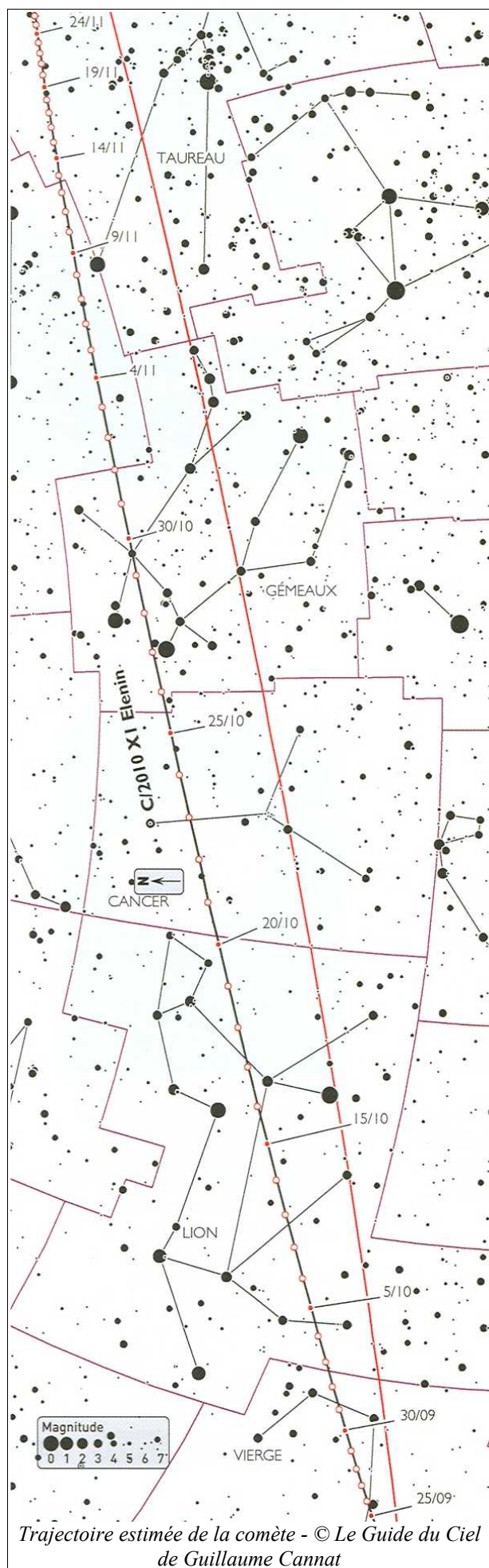
Dernière nuit... 3 heures du matin... les nerfs lâchent !



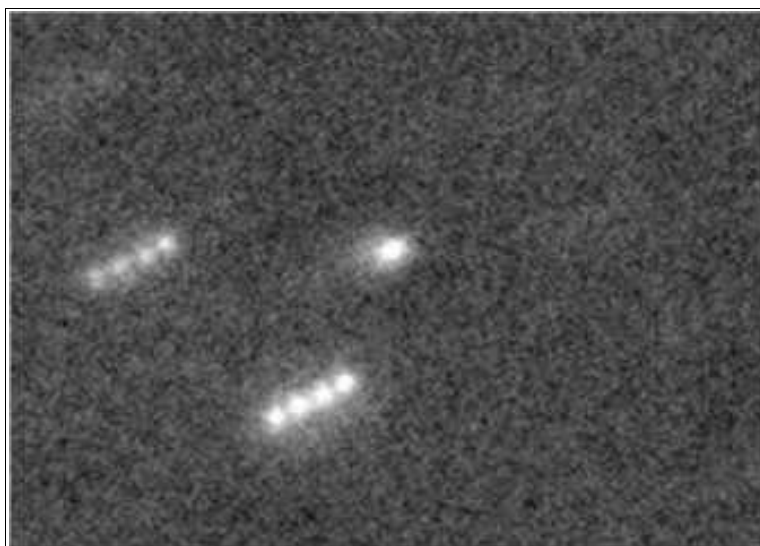
Patrick : fantomatique !

Elenin, une comète à surveiller !

par Simon Lericque



Cet automne, une belle comète sera la vedette du ciel nocturne. Comme souvent, il est difficile de prédire avec précision l'aspect qu'aura cet astre chevelu à son passage à proximité de la Terre, mais nous avons cependant quelques indications. De son vrai matricule C/2010 X1, Elenin est annoncée ça et là depuis plusieurs mois comme une comète intéressante à surveiller. Elle fut découverte le 10 décembre 2010 par l'astronome amateur russe Leonid Elenin qui procéda à partir d'images réalisées avec un télescope automatisé de 450 millimètres de diamètre installé au Nouveau-Mexique. Depuis, plusieurs études ont pu établir les éléments de trajectoire de la comète. Le 10 septembre dernier, Elenin est passée au périhélie, c'est à dire au plus près du Soleil (70 millions de kilomètres tout de même). A ce moment là, elle n'était pas observable dans notre ciel, l'inclinaison de l'écliptique n'y étant pas favorable. Dans l'hémisphère nord, il faudra attendre les premiers matins d'octobre pour la dénicher peu avant l'aube dans la constellation du Lion. C'est d'ailleurs à partir de là qu'elle devient théoriquement visible à l'oeil nu. En se rapprochant de la Terre, sa vitesse apparente va également croître : autour du 17 octobre, date du périégée (environ 35 millions de kilomètres), Elenin voyageant à près de 85 000 kilomètres par heure, son déplacement dans le ciel sera de plus de 3 degrés par jour. La magnitude estimée devrait alors être proche de 4 et la queue de poussière commencera à se dessiner : un beau spectacle à immortaliser pour les astrophotographes ! Durant les semaines suivantes, la comète traversera les constellations du Cancer, des Gémeaux et du Taureau, pour retourner dans l'anonymat les premiers jours de décembre avec, comme bouquet final, un passage à proximité de l'amas des Pléiades prévu pour la fin novembre.



Ephémérides

par Simon Lericque

Samedi 1er octobre : Mars est au beau milieu de l'amas de la Crèche, la scène est à observer en deuxième moitié de nuit.

Samedi 8 octobre : maximum de l'essaim météoritique des Draconides (ou Giacobinides).

Vendredi 14 octobre : conjonction de Jupiter et d'une Lune presque ronde, visible toute la nuit.

Samedi 22 octobre : conjonction d'un fort croissant de Lune et de la planète Mars, à observer dans le ciel du matin

Vendredi 28 octobre : juste après le coucher du Soleil et au ras de l'horizon, beau rapprochement d'un très fin croissant de Lune et des planètes Vénus et Mercure.

Samedi 29 octobre : Jupiter passe à l'opposition dans la constellation du Bélier.

Dimanche 30 octobre : passage à l'heure d'hiver : à 3 heures du matin, il sera 2 heures.

Lundi 31 octobre : juste après le coucher du Soleil, pensez à scruter Jupiter. Les satellites Io et Ganymède passent devant le disque jovien et y projettent simultanément leur ombre.

Mardi 1er novembre : au ras de l'horizon sud-ouest, juste après le coucher du Soleil, Vénus surplombe Mercure de 1.5°. Les deux planètes sont proches durant quelques jours.

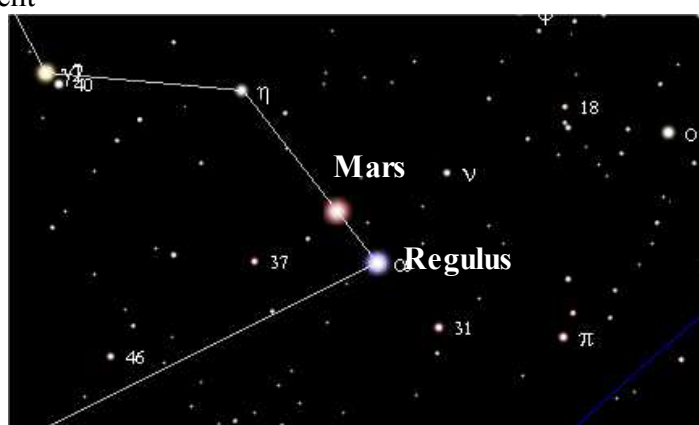
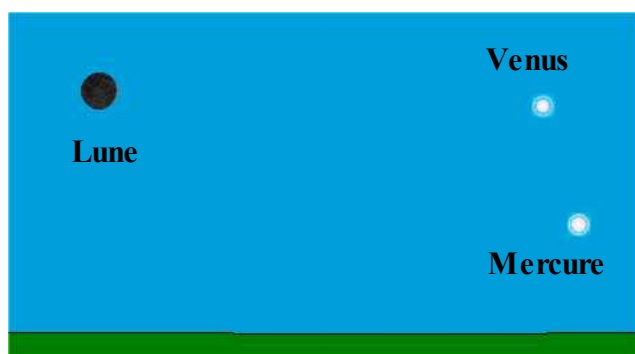
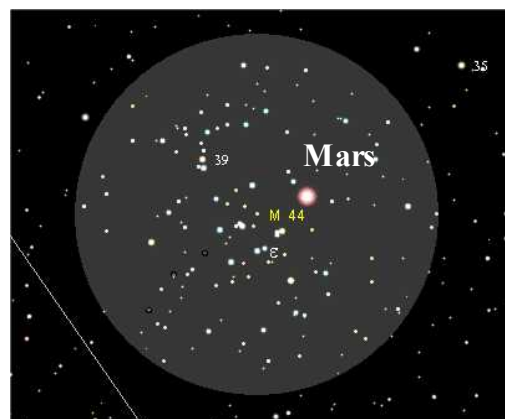
Mercredi 9 novembre : conjonction de la Lune, quasi-pleine, et de la brillante Jupiter.

Jeudi 10 novembre : belle conjonction de l'étoile Régulus et de la planète Mars. A voir en deuxième moitié de nuit.



Dimanche 27 novembre :

beau rapprochement d'un très fin croissant flanqué de sa lumière cendrée et de l'éclatante Vénus.



Vendredi 18 novembre : maximum de l'essaim météoritique des Léonides.

Samedi 19 novembre : joli triangle formé par la Lune, la planète Mars et l'étoile Régulus du Lion.

Mardi 22 novembre : autre joli triangle formé par le fin croissant de Lune, la planète Saturne et l'étoile Spica de la Vierge. Visible avant le lever du Soleil dans un ciel crépusculaire.





Mardi 6 décembre : conjonction de la Lune gibbeuse et de Jupiter, à observer une bonne partie de la nuit

Samedi 10 décembre : éclipse partielle de Lune dont la phase de totalité est invisible en Europe. Seule la sortie de l'ombre et de la pénombre est observable en France.

Mercredi 14 décembre : maximum de l'essai météoritique des Géminides.

Mardi 20 décembre : comme le mois précédent, on retrouve notre joli trio : Lune-Saturne-Spica

Jeudi 22 décembre : c'est l'hiver !

Vendredi 23 décembre : Mercure surplombe de 2.5° le très fin croissant de la Lune. A observer au ras de l'horizon sud-est aux premières lueurs du jour.

Mardi 27 décembre : très beau rapprochement d'un croissant de Lune et de Vénus dans le ciel du soir.



Visibilité des planètes



Mercury : la première planète du Système solaire sera difficile à dénicher à la fin du mois octobre dans le ciel du soir. Les conditions sont quasiment similaires pour novembre : il faudra un horizon parfaitement dégagé pour la débusquer dans les dernières lueurs du jour en fin de mois. En revanche, les conditions sont idéales durant les derniers matins de 2011. A partir du 21 décembre, Mercure se lève de plus en plus tôt avant le Soleil pour finir le 31 avec près d'une heure trente d'avance sur lui. C'est finalement la meilleure période de l'année pour l'observer.

Vénus : l'étrincelante planète est désormais du soir. Durant ce trimestre, Vénus gagnera sans cesse chaque soir un peu plus de présence dans le ciel. Début octobre, elle se couche trois quarts d'heure après le Soleil pour le devancer de près de trois heures durant les dernières soirées de l'année. Sa magnitude atteindra -4 dès la mi-novembre et son éclat ne cessera de croître jusqu'à la fin du trimestre.

Mars : la prochaine opposition martienne se rapproche à grands pas. Au début du trimestre, la planète rouge reste visible uniquement dans le ciel du matin mais gagnera chaque nuit en présence dans le ciel. En décembre, elle est observable quasiment toute la nuit. Son éclat et sa taille apparente augmentent significativement, laissant entrevoir de belles observations instrumentales en perspective.

Jupiter : la géante jovienne se promène entre Bélier et Poissons et passe à l'opposition dès le 29 octobre. C'est clairement la meilleure période d'observation depuis bien longtemps. Jupiter reste visible dans le ciel une bonne partie de la nuit et culminera très haut sur l'horizon. Les nombreux détails de surface et le ballet incessant des satellites galiléens s'offrent alors aux télescopes et aux lunettes astronomiques.

Saturne : l'astre aux anneaux revient péniblement dans le ciel du matin. Pour tenter de l'apercevoir à l'oeil nu, il faudra se heurter aux froides matinées de décembre. Mais aucune observation télescopique de qualité n'est à envisager.

Uranus : ces trois mois sont une bonne période pour tenter d'apercevoir la petite bille verdâtre d'Uranus dans un instrument. La septième planète est confortablement installée dans la constellation des Poissons.

Neptune : cet automne sera aussi l'occasion d'observer l'autre planète bleue du Système solaire. A repérer avec un instrument optique à la frontière du Capricorne et du Verseau.

Couchers et levers du Soleil et de la Lune. Phases de la Lune

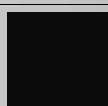
Octobre

Soleil			Lune		
Date	Lever	Coucher	Date	Lever	Coucher
1	7h50	19h27	1	13h16	21h34
5	7h56	19h18	5	16h25	0h45
10	8h04	19h07	10	18h08	6h24
15	8h12	18h57	15	20h19	11h44
20	8h20	18h47	20	0h04	15h26
25	8h28	18h37	25	6h37	17h31
30	7h37	17h28	30	12h02	20h22

	Premier quartier	le 4 octobre
	Pleine Lune	le 12 octobre
	Dernier quartier	le 20 octobre
	Nouvelle Lune	le 26 octobre

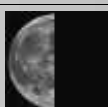
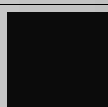
Novembre

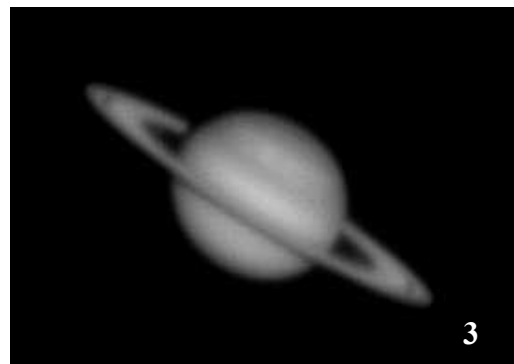
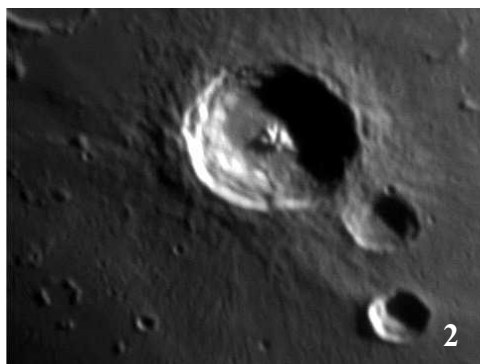
Soleil			Lune		
Date	Lever	Coucher	Date	Lever	Coucher
1	7h40	17h24	1	13h25	22h44
5	7h47	17h17	5	14h56	2h10
10	7h55	17h10	10	16h46	7h34
15	8h04	17h03	15	20h55	11h55
20	8h12	16h57	20	1h50	14h05
25	8h19	16h52	25	8h37	16h58
30	8h27	16h48	30	12h19	22h48

	Premier quartier	le 2 novembre
	Pleine Lune	le 10 novembre
	Dernier quartier	le 18 novembre
	Nouvelle Lune	le 25 novembre

Décembre

Soleil			Lune		
Date	Lever	Coucher	Date	Lever	Coucher
1	8h28	16h47	1	12h41	23h57
5	8h33	16h45	5	13h58	3h14
10	8h39	16h44	10	16h47	8h24
15	8h44	16h44	15	22h23	11h26
20	8h47	16h45	20	3h32	13h25
25	8h49	16h48	25	9h12	17h57
30	8h51	16h52	30	11h24	23h55

	Premier quartier	le 2 décembre
	Pleine Lune	le 10 décembre
	Dernier quartier	le 18 décembre
	Nouvelle Lune	le 24 décembre



1 – le cratère Copernic. Caméra Atik 1-HS et lunette Jonckheere 350/6000. Lille (59), le 12/05/11. Collectif GAAC.

2 – le cratère Bulialdus. Caméra Atik 1-HS et lunette Jonckheere 350/6000. Lille (59), le 12/05/11. Collectif GAAC.

3 – La planète Saturne. Caméra Atik 1-HS et lunette Jonckheere 350/6000. Lille (59), le 12/05/11. Collectif GAAC.

4 – Nuages noctiluques. APN Canon EOS 450d et objectif Tokina 12-24mm. Wancourt (62), le 02/07/11. Simon Lericque.



-
- 5 – **Dessin de la nébuleuse Oméga.** Oculaire Hypérion 13mm et Dobson Lightbridge 400 (62). Gréville, le 01/07/11. Simon Lericque
- 6 – **Dessin de la nébuleuse Trifide.** Oculaire Hypérion 13mm et Dobson Lightbridge 400. Gréville, (62), le 01/07/11. Simon Lericque
- 7 – **Dessin de la nébuleuse Dumbbell.** Oculaire Hypérion 13mm et Dobson Lightbridge 400. Gréville (62), le 01/07/11. Michel Pruvost
- 8 – **Dessin de Saturne.** Oculaire de 31mm et lunette Jonckheere 350/6000. Lille (59), le 12/05/11. Michel Pruvost.
- 9 – **Dessin de l'amas globulaire M80.** Oculaire Hypérion 13mm et Dobson Lightbridge 400. Gréville (62), le 01/07/11. Simon Lericque
- 10 – **Dessin de tâches.** Oculaire Epic ED 22mm et lunette Hélios 150/1200. Courrières (62), le 31/07/11. Patrick Rousseau